





**PNC - PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A4,"Investimenti sulla rete stradale statale"**

**Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni - 1° Stralcio lungo la S.S. n. 210 "Fermana Faleriense" - Amandola - Servigliano"**

**PROGETTO DEFINITIVO**

|   |   |
|---|---|
| <b>PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b><br>Ing. Eugenio Moroni<br>Ordine Roma n° 10020 | <b>IMPRESA CONCORRENTE A.T.I.:</b><br>Mandataria:<br><br>Mandante:<br>   |
| <b>IL GEOLOGO</b><br>Dott.ssa Geol. Maria Bruno<br>Ordine dei Geologi del Lazio al n° 668   | <b>RTP DI PROGETTAZIONE:</b><br>Mandataria:<br><br>Structure and Transport Engineering<br>Mandanti:<br><br>Dott. Geol. M. BRUNO |
| <b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b><br>Ing. Francesco M. La Camera<br>Ordine Roma n° 7290                 | Direttore Tecnico<br>Ing. E. Moroni<br>Ordine Ing. Roma N. 10020<br><br>Direttore Tecnico<br>Ing. G. Grimaldi<br>Ordine Ing. Roma N. 17703<br><br>Ordine Geologi<br>Lazio N. 668  |

**OPERE D'ARTE MAGGIORI: VIADOTTI E PONTI**  
**VI01 - Viadotto "Castellano"**  
 Relazione tecnica e di calcolo - Sottostrutture

| CODICE PROGETTO |             |      | NOME FILE                   |             | REVISIONE  | SCALA     |
|-----------------|-------------|------|-----------------------------|-------------|------------|-----------|
| PROGETTO        | LIV.PROG.   | ANNO | T03_VI01_STR_RE02_A         |             |            |           |
| A N 2 6 6       | D           | 2 3  | CODICE ELAB. T03VI01STRRE02 |             | A          | -         |
| D               |             |      |                             |             |            |           |
| C               |             |      |                             |             |            |           |
| B               |             |      |                             |             |            |           |
| A               | EMISSIONE   |      | Dic. 2023                   | DEL VECCHIO | GRIMALDI   | MORONI    |
| REV.            | DESCRIZIONE |      | DATA                        | REDATTO     | VERIFICATO | APPROVATO |

## INDICE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | PREMESSA.....  | 7  |
| 1.1   | Descrizione dell'opera .....   | 7  |
| 1.1.1 | Impalcato.....   | 12 |
| 1.1.2 | Appoggi, ritegni, varchi e giunti .....  | 13 |
| 1.1.3 | Sottostrutture .....   | 14 |
| 1.2   | Fasi costruttive.....  | 19 |
| 2     | RIFERIMENTI NORMATIVI.....   | 20 |
| 3     | MATERIALI .....  | 22 |
| 3.1   | Calcestruzzo.....  | 22 |
| 3.1.1 | Magrone sottofondazione.....   | 22 |
| 3.1.2 | Pali di fondazione .....   | 22 |
| 3.1.3 | Plinti di fondazione .....   | 23 |
| 3.1.4 | Elevazione pile, spalle e muri.....  | 23 |
| 3.1.5 | Baggioli e ritegni .....   | 24 |
| 3.1.6 | Soletta .....  | 24 |
| 3.1.7 | Cordoli.....   | 25 |
| 3.1.8 | Predalles collaboranti prefabbricate e velette ferma-getto prefabbricate ..... | 25 |
| 3.2   | Acciaio.....   | 26 |
| 3.2.1 | Acciaio per armatura lenta.....  | 26 |
| 3.2.2 | Acciaio da carpenteria.....  | 26 |
| 3.2.3 | Connettori a taglio (pioli) .....  | 26 |
| 3.2.4 | Unioni bullonate .....   | 27 |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.2.5    | Unioni saldate .....  | 29        |
| 3.3      | Caratteristiche dei materiali per il calcolo .....                                | 30        |
| 3.3.1    | Calcestruzzo armato.....  | 30        |
| 3.3.2    | Acciaio da carpenteria.....   | 33        |
| 3.4      | Classe di esecuzione .....  | 34        |
| <b>4</b> | <b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>  | <b>37</b> |
| 4.1      | Carichi permanenti strutturali (g1).....  | 37        |
| 4.2      | Carichi permanenti non strutturali (g2) .....                                     | 39        |
| 4.3      | Ritiro ( $\epsilon_2$ ) e Viscosità ( $\epsilon_3$ ).....                         | 40        |
| 4.4      | Cedimenti in fondazione ( $\epsilon_4$ ) .....                                    | 43        |
| 4.5      | Azioni verticali da traffico (q1).....  | 44        |
| 4.6      | Incremento dinamico addizionale in presenza di discontinuità strutturali (q2) ... | 49        |
| 4.7      | Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione (q3) .....                  | 49        |
| 4.8      | Azione centrifuga (q4).....   | 50        |
| 4.9      | Azione del vento (q5) .....   | 52        |
| 4.9.1    | Velocità di riferimento.....  | 52        |
| 4.9.2    | Pressione cinetica di riferimento.....  | 54        |
| 4.9.3    | Coefficiente di esposizione .....   | 55        |
| 4.9.4    | Coefficiente dinamico.....  | 57        |
| 4.9.5    | Coefficienti aerodinamici e aree sulla quale agisce la pressione del vento ....   | 58        |
| 4.9.6    | Pressione del vento e azioni risultanti.....                                      | 64        |
| 4.10     | Azione del vento durante le fasi costruttive (q5_FC).....                         | 66        |
| 4.11     | Azioni termiche (q7).....   | 68        |
| 4.11.1   | Variazione termica uniforme .....   | 68        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.11.2   | Variazione termica differenziale .....                                       | 72         |
| 4.12     | Urto di veicolo in svio (q8).....  | 74         |
| 4.13     | Azione sismica (E).....  | 76         |
| 4.13.1   | Vita Nominale .....  | 76         |
| 4.13.2   | Classe d'uso e coefficiente d'uso .....                                      | 76         |
| 4.13.3   | Periodo di riferimento per l'azione sismica.....                             | 77         |
| 4.13.4   | Parametri per la definizione degli spettri .....                             | 77         |
| 4.13.5   | Categoria di sottosuolo.....   | 78         |
| 4.13.6   | Condizioni topografiche.....   | 78         |
| 4.13.7   | Spettro di risposta elastico in accelerazione .....                          | 79         |
| 4.13.8   | Spettri di progetto in accelerazione.....                                    | 87         |
| 4.13.9   | Direzioni di applicazione dell'azione sismica .....                          | 90         |
| 4.13.10  | Variabilità spaziale del moto .....  | 90         |
| <b>5</b> | <b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>  | <b>93</b>  |
| 5.1      | Combinazioni di carico SLU .....   | 97         |
| 5.2      | Combinazioni di carico SLE.....  | 98         |
| 5.3      | Combinazioni di carico sismiche SLV .....                                    | 99         |
| <b>6</b> | <b>ANALISI GLOBALI .....</b>   | <b>101</b> |
| 6.1      | Software di calcolo.....   | 101        |
| 6.2      | Modelli di calcolo globali e analisi svolte .....                            | 101        |
| 6.2.1    | Analisi in fase di getto e di varo ("Mod01_g1").....                         | 103        |
| 6.2.2    | Analisi per carichi permanenti g2, ritiro e cedimenti ("Mod02_g2+e2+e4").... | 111        |
| 6.2.3    | Analisi per carichi variabili ("Mod03_VAR").....                             | 115        |
| 6.2.4    | Analisi sismiche ("Mod04_Sismica").....                                      | 121        |



|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.2.5    | Modellazione del sistema di isolamento .....               | 128        |
| 6.2.6    | Numerazione di nodi, degli elementi e dei link .....       | 130        |
| 6.2.7    | Casi di carico implementati .....                          | 134        |
| 6.3      | Risultati delle analisi globali .....                      | 137        |
| 6.3.1    | Analisi modale .....                                       | 137        |
| 6.3.2    | Sollecitazioni elementari sulle pile .....                 | 145        |
| 6.3.3    | Diagrammi delle sollecitazioni elementari sulle pile ..... | 160        |
| 6.3.4    | Scarichi sulle spalle .....                                | 170        |
| <b>7</b> | <b>VERIFICA DELLE PILE .....</b>                           | <b>173</b> |
| 7.1      | Verifica della pila P1 – armatura longitudinale .....      | 176        |
| 7.1.1    | Verifiche SLV in condizioni sismiche .....                 | 177        |
| 7.1.2    | Verifiche SLU e SLE in condizioni statiche .....           | 190        |
| 7.2      | Verifica della pila P9 – armatura longitudinale .....      | 202        |
| 7.2.1    | Verifiche SLV in condizioni sismiche .....                 | 203        |
| 7.2.2    | Verifiche SLU e SLE in condizioni statiche .....           | 222        |
| 7.3      | Verifica dell'armatura a taglio alla base .....            | 234        |
| 7.4      | Verifica della pila P3 .....                               | 237        |
| 7.4.1    | Sollecitazioni agenti .....                                | 238        |
| 7.4.2    | Verifiche strutturali della platea .....                   | 243        |
| 7.5      | Verifica dei pulvini .....                                 | 264        |
| 7.6      | Verifica del sistema di fondazione .....                   | 272        |
| 7.6.1    | Sollecitazioni agenti .....                                | 273        |
| 7.6.2    | Verifiche strutturali del plinto di fondazione .....       | 282        |
| 7.7      | Ritegni sismici e baggioli .....                           | 307        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 7.7.1    | Verifica dei ritegni sismici trasversali .....              | 309        |
| 7.7.2    | Verifica dei baggioli .....                                 | 315        |
| <b>8</b> | <b>ANALISI E MODELLAZIONE DELLE SPALLE.....</b>             | <b>319</b> |
| 8.1      | Modello di calcolo .....                                    | 323        |
| 8.1.1    | Sistemi di riferimento ed unità di misura .....             | 327        |
| 8.2      | Analisi dei carichi.....                                    | 327        |
| 8.2.1    | Carichi permanenti strutturali e non strutturali (g1).....  | 327        |
| 8.2.2    | Spinta litostatica del terrapieno.....                      | 328        |
| 8.2.3    | Spinta statica della pavimentazione sul terrapieno .....    | 328        |
| 8.2.4    | Spinta statica del sovraccarico agente sul terrapieno.....  | 329        |
| 8.2.5    | Carichi orizzontali da traffico su muro paraghiaia(e) ..... | 329        |
| 8.2.6    | Azione sismica (E) .....                                    | 330        |
| 8.3      | Combinazioni di carico .....                                | 336        |
| <b>9</b> | <b>VERIFICHE DELLA SPALLA A .....</b>                       | <b>341</b> |
| 9.1      | Muri.....   | 344        |
| 9.1.1    | Muro frontale .....   | 359        |
| 9.1.2    | Trave paraghiaia .....                                      | 393        |
| 9.1.3    | Muro andatore.....  | 421        |
| 9.2      | Platea di fondazione.....                                   | 449        |
| 9.2.1    | Verifica a flessione .....                                  | 451        |
| 9.2.2    | Verifica a taglio.....                                      | 472        |
| 9.2.3    | Verifica a taglio-punzonamento.....                         | 476        |
| 9.3      | Baggioli e ritegni sismici .....                            | 481        |
| 9.3.1    | Verifica dei ritegni sismici trasversali .....              | 481        |

9.3.2 Verifica dei baggioli ..... 488

## 1 PREMESSA

Il presente documento è parte del progetto DEFINITIVO dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e del potenziamento delle intersezioni del 1° stralcio della S.S. n°210 "Fermana Faleriense" – Amandola-Servigliano.

Il documento costituisce la relazione di calcolo che ha per oggetto le analisi e le verifiche delle fondazioni e delle elevazioni del viadotto Castellano (VI01).

### 1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto è caratterizzato da un impalcato a graticcio in struttura mista acciaio-calcestruzzo, continuo su 12 campate con scansione delle luci teoriche (asse appoggi) pari a: **35m - 8x50 - 2x45m - 30m** (da spalla A verso spalla B).

La lunghezza complessiva del viadotto, espressa come distanza tra gli appoggi sulle due spalle, è pari a **555m**. La distanza tra gli assi dei giunti sulle spalle è pari a circa **557m**.

Il viadotto è dotato di un sistema di isolatori elastomerici posti tra impalcato e sottostrutture.

Le spalle e le pile sono in calcestruzzo armato e scaricano su un sistema di fondazioni indirette (su pali).

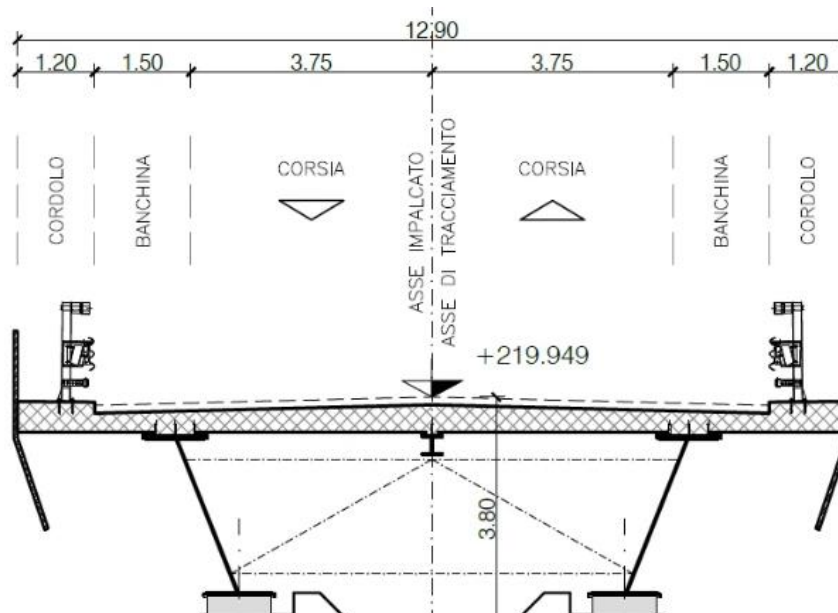
In corrispondenza dell'opera la piattaforma stradale presenta una dimensione trasversale standard complessiva pari a **12.90m**. In particolare, si ha una parte carrabile di larghezza pari a **10.50m** e due cordoli di **1.20m** ciascuno. In prossimità della spalla B si ha un

allargamento della carreggiata da 10.50m fino ad un massimo di 11.2m. La massima larghezza dell'impalcato è dunque circa pari a **13.60m**.

Sulla piattaforma è prevista l'installazione di due barriere di sicurezza esterne alla carreggiata e di due carter metallici posti sui fili esterni dei cordoli.

Le pendenze trasversali della piattaforma stradale saranno realizzate assegnando uno spessore variabile alla soletta e/o posizionando le due travi su quote diverse. Ad esempio, nelle zone in rettilifo, le travi sono alla stessa quota (l'intradosso soletta è piano) e il profilo a schiena d'asino della piattaforma stradale è realizzato per mezzo di una variazione di spessore nella soletta. Nei tratti in curva lo spessore della soletta è invece costante con intradosso ed estradosso inclinati e tra loro paralleli (travi su quote diverse). In clotoide la situazione sarà intermedia e si avrà sia uno spessore variabile della soletta, sia una differenza di quota tra le travi.

Si riportano di seguito delle immagini descrittive dell'opera.



**Figura 1- Sezione trasversale dell'impalcato e della sovrastruttura in corrispondenza del tratto in rettilifo**

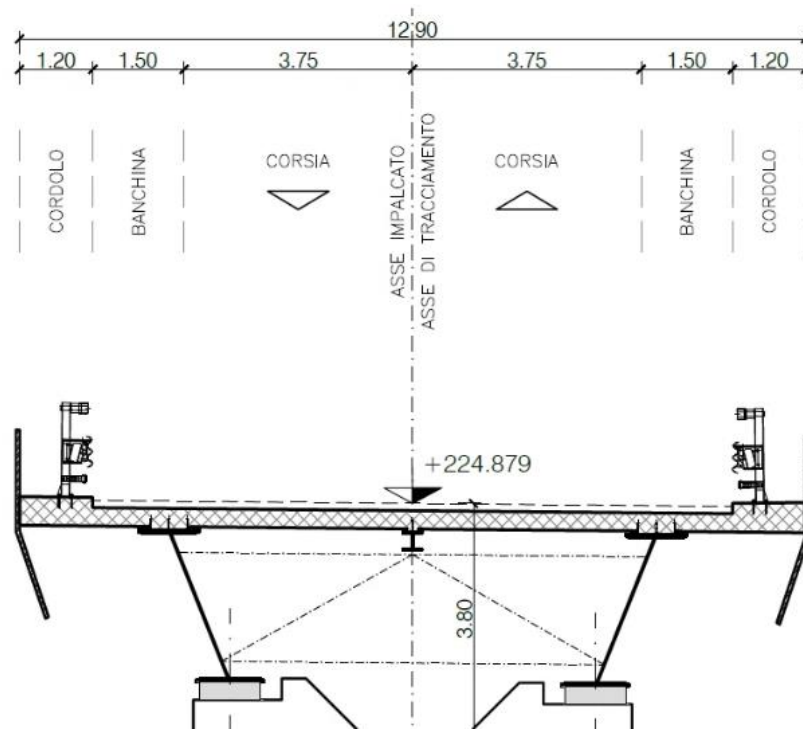


Figura 2- Sezione trasversale in corrispondenza del tratto in curva in prossimità di pila 1 (B=12.90m)

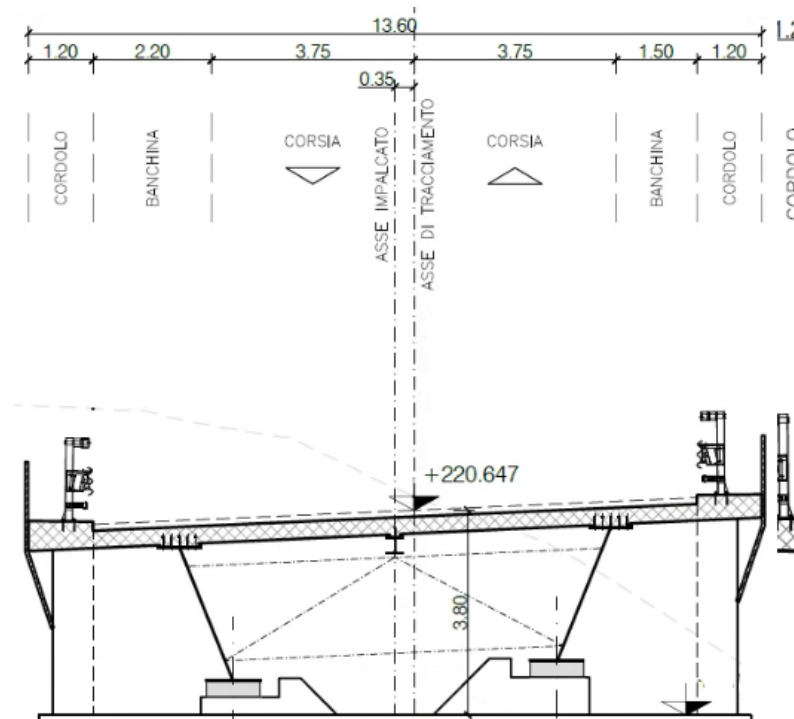


Figura 3- Sezione trasversale in corrispondenza del tratto in curva in prossimità di spalla B (B=13.60m)

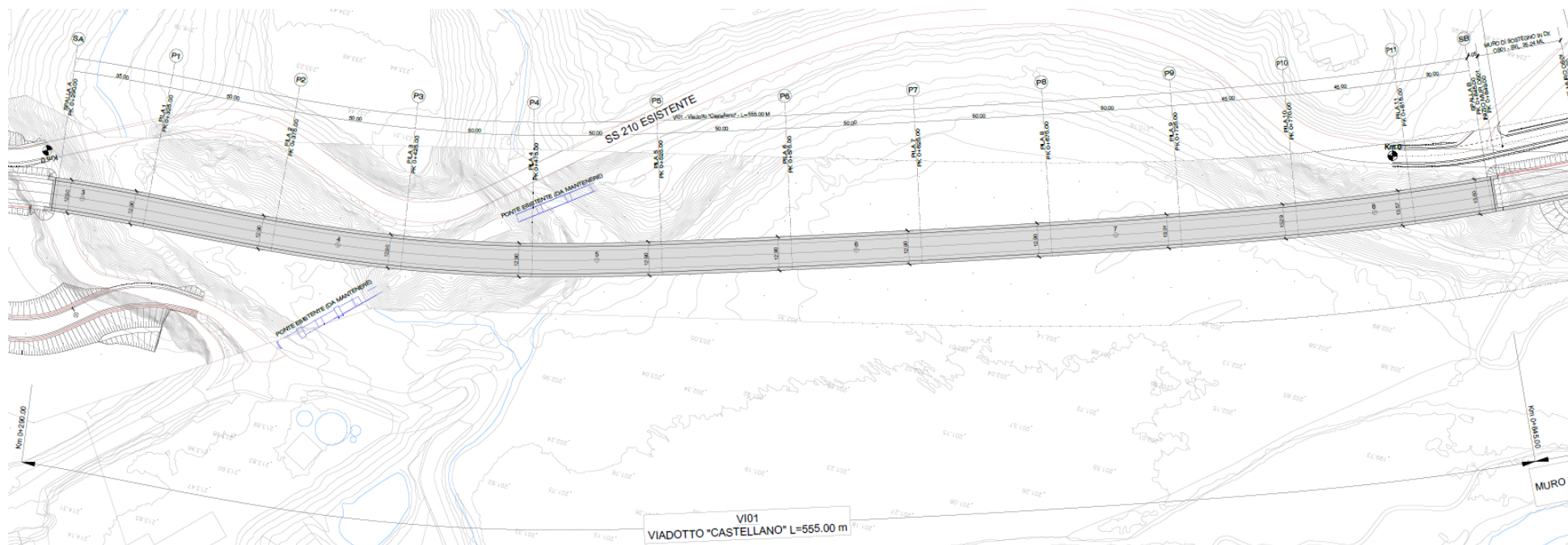


Figura 4 – Planimetria di inquadramento dell’opera

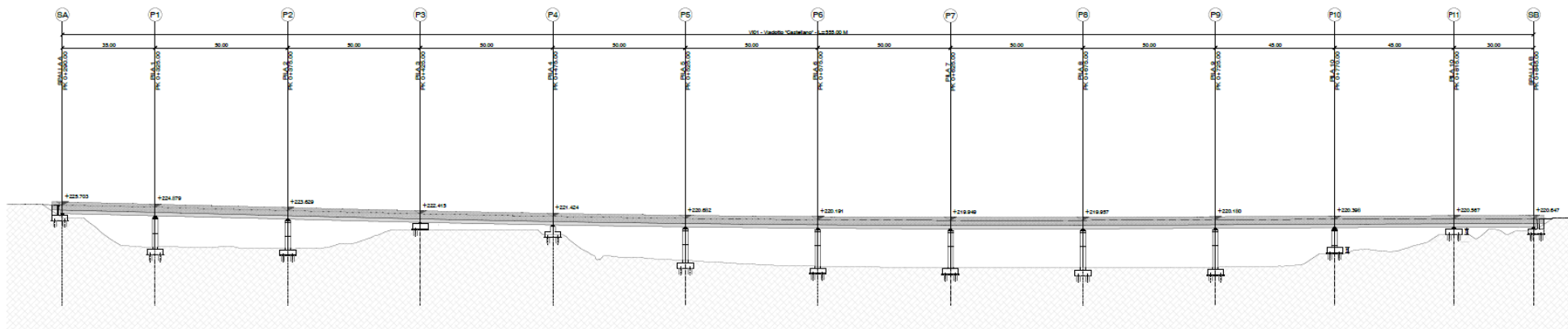


Figura 5 – Prospetto longitudinale dell'opera



### 1.1.1 Impalcato

La struttura principale dell'impalcato è costituita da due travi longitudinali metalliche con sezione trasversale in composizione saldata a "doppio T" ad anima inclinata. Queste sono poste tra loro ad un interasse di **8.00m** ad estradosso e di **6.00m** ad intradosso.

L'altezza delle travi è costante e pari a **2.50m**.

A metà tra le due travi è prevista una trave di spina realizzata con profili **HEB300**, utile a dimezzare la luce sulla quale lavora la soletta.

Al fine di realizzare un comportamento "a graticcio", le travi principali sono tra loro collegate attraverso diaframmi trasversali posti ad interasse **5.00m**. Questi sono realizzati in soluzione reticolare con schema a "V rovescia" e hanno anche la funzione di sostenere la trave di spina.

Le travi principali sono segmentate in diversi conci realizzati in officina, i quali vengono poi tra loro collegati per mezzo di saldature a completa penetrazione realizzate in parte a piè d'opera e in parte in quota.

Le travi sono opportunamente irrigidite attraverso piatti trasversali e irrigidimenti longitudinali.

Sono previsti da progetto dei controventi superiori di montaggio disposti con schema "a croce di sant'Andrea".

Ad estradosso impalcato è presente la soletta in calcestruzzo, la quale è caratterizzata da una larghezza complessiva variabile tra un minimo di **12.90m** e un massimo di **13.60m** e uno spessore minimo pari a **30cm** (6 cm di predalles tralicciate + 24 cm di getto in calcestruzzo). Questa è resa solidale alle travi per mezzo di connettori a taglio tipo Nelson opportunamente saldati in corrispondenza della piattabanda superiore delle stesse travi.

### 1.1.2 Appoggi, ritegni, varchi e giunti

Le travi poggiano su isolatori elastomerici le cui caratteristiche geometriche e meccaniche principali sono descritte nella tabella seguente.

| Sottostruttura | n  | Tipo         | Ke (N/mm) | Dg (mm) | h (mm) | H (mm) | Z (mm) |
|----------------|----|--------------|-----------|---------|--------|--------|--------|
| SA, SB         | 4  | SI-H 550/203 | 1.64      | 550     | 327    | 377    | 600    |
| P1, P11        | 4  | SI-H 800/180 | 3.91      | 800     | 281    | 341    | 850    |
| da P2 a P10    | 18 | SI-H 800/160 | 4.40      | 800     | 255    | 315    | 850    |

**Tabella 1 – Principali caratteristiche del sistema di isolamento**

Dove "n" è il numero di isolatori, "Ke" è la rigidezza orizzontale equivalente (per deformazioni a taglio dell'elastomero comprese tra il 100% e il 200%), "Dg" è il diametro dell'elastomero, "h" e "H" sono le altezze del dispositivo, rispettivamente, escludendo e includendo le piastre di ancoraggio, e "Z" è il lato della piastra di ancoraggio.

Per la manutenzione e/o sostituzione degli appoggi, si prevede l'utilizzo di martinetti da posizione a contrasto tra la sottostruttura e le travi. Tali elementi andranno posizionati nella parte subito anteriore alla zona di appoggio.

L'impalcato è dotato di ritegni trasversali in calcestruzzo armato. In particolare, se ne hanno due per ogni sottostruttura e sono posizionati nelle zone interne tra le due travi.

I varchi tra paraghiaia e soletta e i varchi tra ritegni e piatti di battuta sono tali da garantire un'adeguata deformabilità dell'isolatore per eventi sismici corrispondenti allo SLC.

I giunti sono tali da garantire delle escursioni corrispondenti alle condizioni statiche SLU e sismiche SLV.

### 1.1.3 Sottostrutture

Le pile e le spalle sono in calcestruzzo armato.

Le spalle sono costituite da un plinto di spessore 2m dal quale spicca il paraghiaia di spessore 50cm e due muri laterali di spessore 75cm.

Le fondazioni profonde sono costituite da 8 pali di diametro 1200mm e lunghezza pari a 10m sia su spalla A che su spalla B.

Le pile 1,2,5,6,7,8,9 e 10 presentano sezione trasversale a "doppia T" con dimensione in pianta "fuoritutto" 4.00m x 2.00m. L'anima della sezione a T ha spessore 1.20m, mentre lo spessore delle ali è pari a 1.00m. Negli ultimi 6m prima degli appoggi, l'altezza della sezione passa da 4.00m a 7.50m con variazione lineare.

Le pile 3 e 11 non sono vere e proprie pile, piuttosto si ha una platea sulla quale poggiano direttamente i baggioli.

La pila 4 presenta sezione rettangolare 2.00mx7.50m.

Le fondazioni delle pile sono tutte costituite da una platea 9.60mx6.00m su 6 pali di diametro 1200mm.

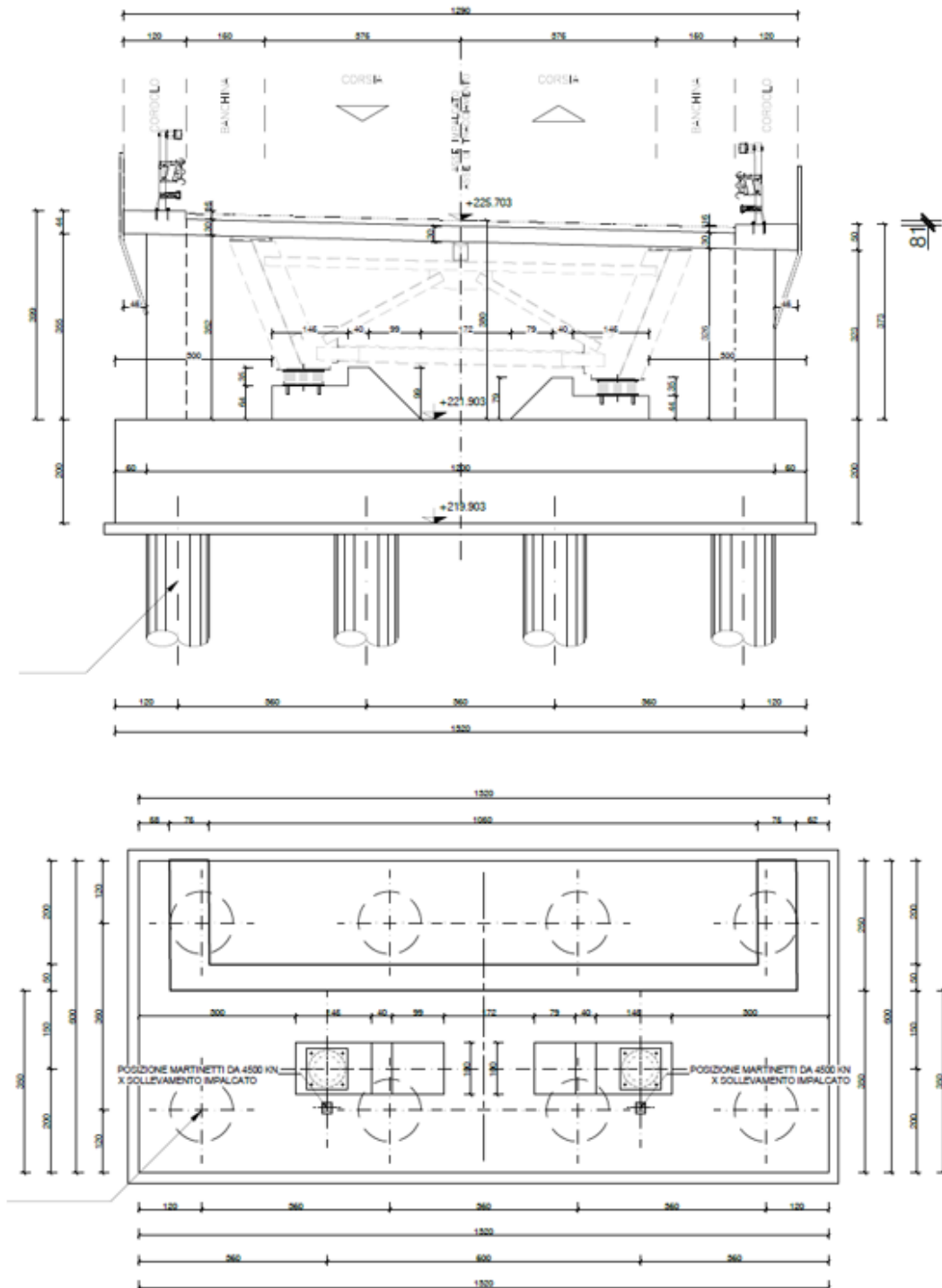


Figura 6 – Spalla A. Vista trasversale e in pianta

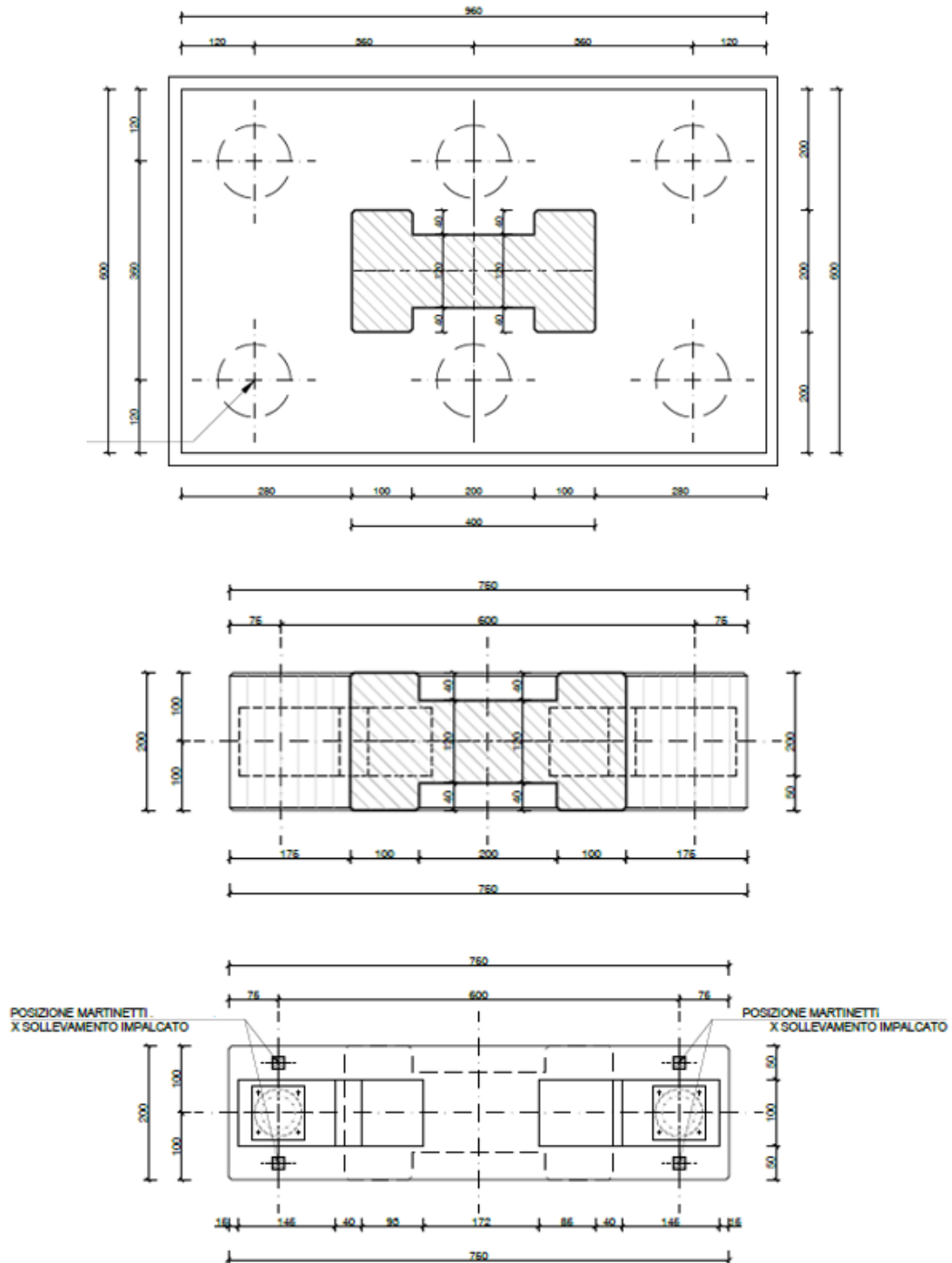


Figura 7 – Viste in pianta della pila – quota spiccatto; quota pulvino vista inferiore; quota pulvino vista superiore

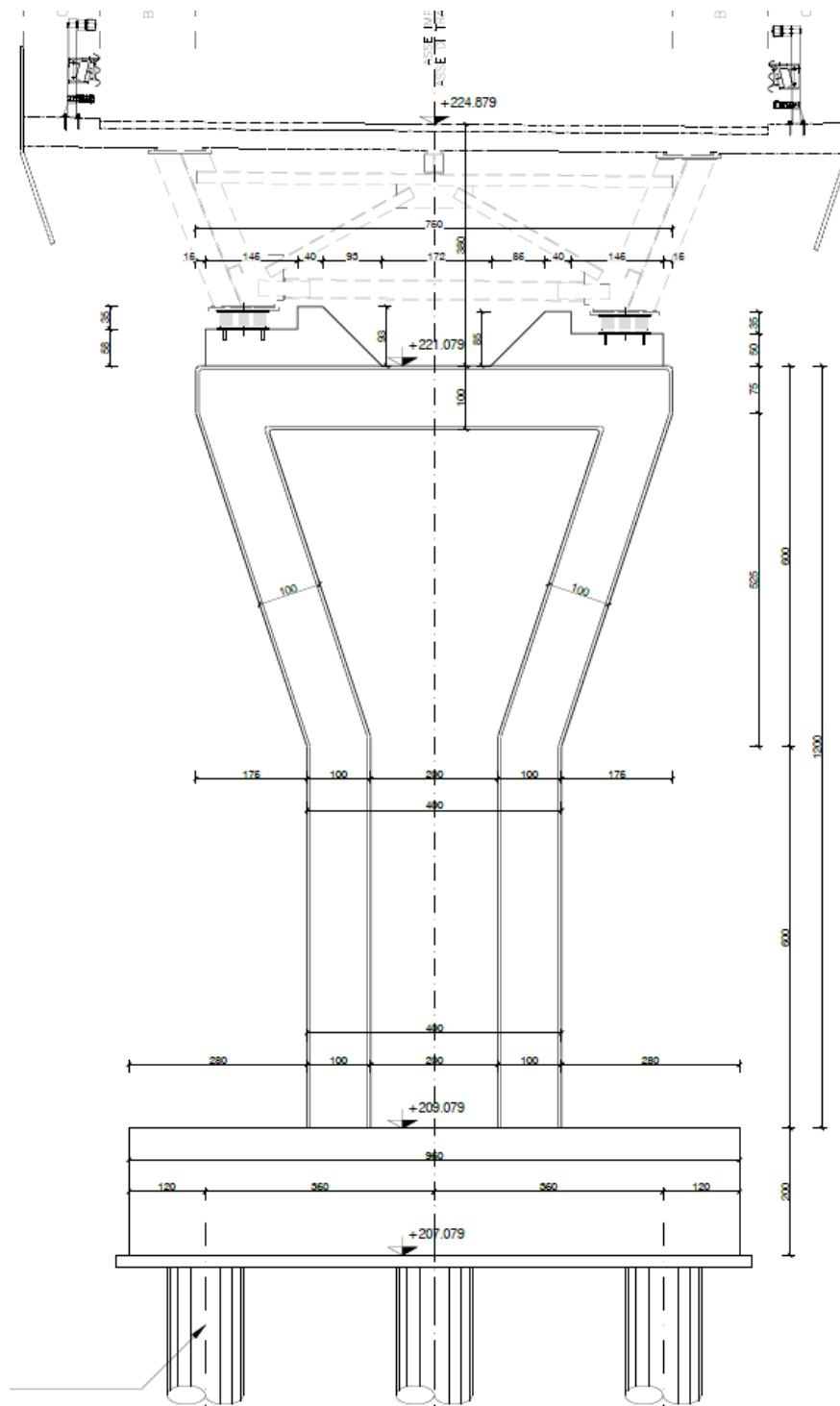


Figura 8 – Sezione trasversale delle pile – pila 1

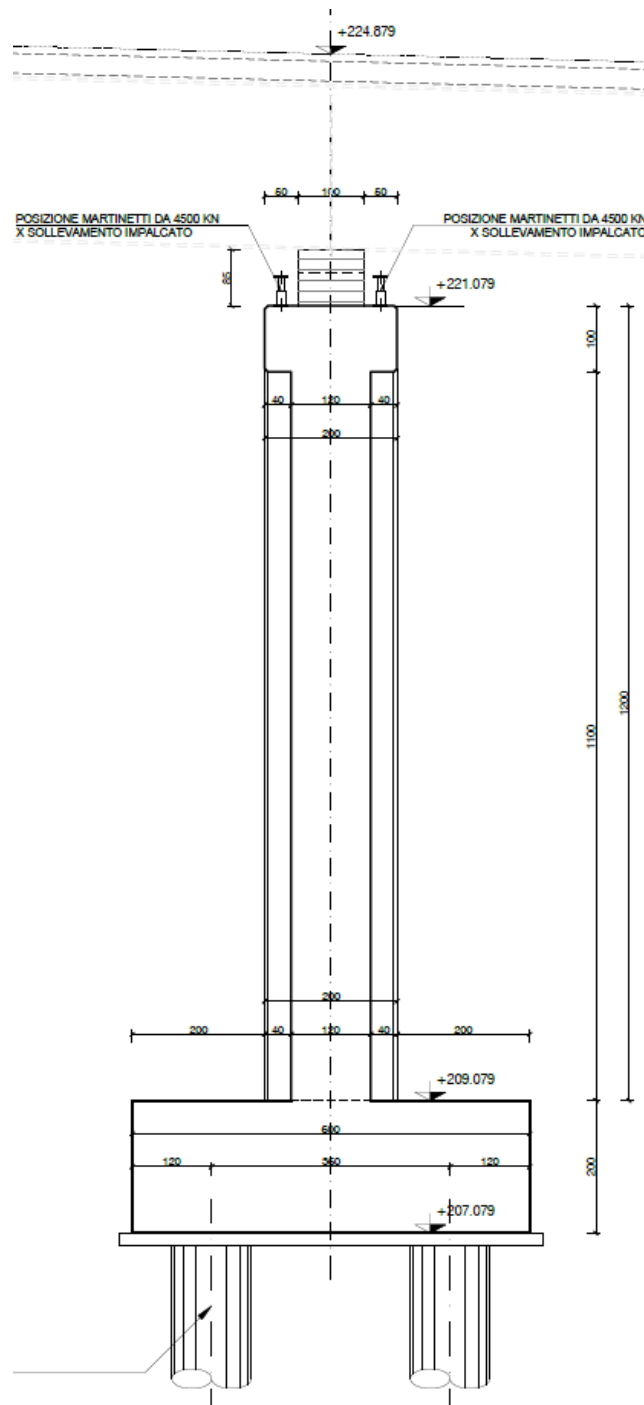


Figura 9 – Sezione longitudinale delle pile – pila 1

## 1.2 FASI COSTRUTTIVE

L'impalcato viene varato con gru mobili e, laddove necessarie, con l'ausilio di torri provvisorie.

A varo completato, si procede con il getto della soletta in calcestruzzo, previo posizionamento delle lastre predalles.



## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] *D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".*
- [2] *Circolare 21 gennaio 2019, n°7/C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento della Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.*
- [3] *UNI EN 1991-1-1 Actions on structures - General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings.*
- [4] *UNI EN 1991-1-4 Actions on structures - General actions - Wind actions.*
- [5] *UNI EN 1991-1-5 Actions on structures - General actions - Thermal actions.*
- [6] *UNI EN 1991-2 Actions on structures - Traffic loads on bridges.*
- [7] *UNI EN 1992-1-1 Design of concrete structures - General rules and rules for building.*
- [8] *UNI EN 1992-2 Design of concrete structures - Concrete bridges - Design and detailing rules.*
- [9] *UNI EN 1993-1-1 Design of steel structures - General rules and rules for buildings.*
- [10] *UNI EN 1993-1-5 Design of steel structures - Plated structural elements.*
- [11] *UNI EN 1993-1-8 Design of steel structures - Design of Joints.*
- [12] *UNI EN 1993-1-9 Design of steel structures - Fatigue.*
- [13] *UNI EN 1993-2 Design of steel structures - Steel bridges.*
- [14] *UNI EN 1994-1-1 Design of composite steel and concrete structures - General rules and rules for buildings.*
- [15] *UNI EN 1994-2 Design of composite steel and concrete structures - General rules and rules for bridges.*
- [16] *UNI EN 1998-1 Design of structures for earthquake resistance - General rules, seismic and rules for building.*
- [17] *UNI EN 1998-2 Design of structures for earthquake resistance - Bridges.*
- [18] *UNI EN 1998-5 Design of structures for earthquake resistance - Foundations, retaining structures and geotechnical aspects.*
- [19] *UNI EN 15129 Anti-seismic devices*

- [20] *UNI EN 1337-3 Structural bearings – Elastomeric bearings*
- [21] *CNR-UNI 10011 Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.*
- [22] *CNR-DT 207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.*

### 3 MATERIALI

#### 3.1 CALCESTRUZZO

##### 3.1.1 Magrone sottofondazione

|                                   |        |    |
|-----------------------------------|--------|----|
| Classe di resistenza minima       | C12/15 | -  |
| Tipo di cemento                   | I - V  | -  |
| Classe di esposizione             | X0     | -  |
| Dimensione massima dell'aggregato | 40     | mm |

##### 3.1.2 Pali di fondazione

|  |             |     |
|--|-------------|-----|
| Classe di resistenza minima  | C25/30      | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i> | $\geq 25$   | MPa |
| Tipo di cemento cem  | III - V     | -   |
| Rapporto massimo acqua/cemento   | $\leq 0.60$ | -   |
| Classe di consistenza (Slump)  | S5          | -   |
| Classe di esposizione  | XC2         | -   |
| Dimensione massima dell'aggregato  | 32          | mm  |
| Copriferro netto minimo  | 75          | mm  |

### 3.1.3 Plinti di fondazione

|  |             |     |
|--|-------------|-----|
| Classe di resistenza minima  | C25/30      | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i> | $\geq 25$   | MPa |
| Tipo di cemento cem  | III - V     | -   |
| Rapporto massimo acqua/cemento   | $\leq 0.60$ | -   |
| Classe di consistenza (Slump)  | S4          | -   |
| Classe di esposizione  | XC2         | -   |
| Dimensione massima dell'aggregato  | 32          | mm  |
| Copriferro netto minimo  | 45          | mm  |

### 3.1.4 Elevazione pile, spalle e muri

|  |             |     |
|--|-------------|-----|
| Classe di resistenza minima  | C32/40      | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i> | $\geq 32$   | MPa |
| Tipo di cemento cem  | III - V     | -   |
| Rapporto massimo acqua/cemento   | $\leq 0.50$ | -   |
| Classe di consistenza (Slump)  | S4          | -   |
| Classe di esposizione  | XC4+XD1     | -   |
| Dimensione massima dell'aggregato  | 25          | mm  |
| Copriferro netto minimo  | 45          | mm  |

### 3.1.5 Baggioli e ritegni

|  |             |     |
|--|-------------|-----|
| Classe di resistenza minima  | C35/45      | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i> | $\geq 35$   | MPa |
| Tipo di cemento cem  | I - V       | -   |
| Rapporto massimo acqua/cemento   | $\leq 0.55$ | -   |
| Classe di consistenza (Slump)  | S4          | -   |
| Classe di esposizione  | XC3+XD1     | -   |
| Dimensione massima dell'aggregato  | 25          | mm  |
| Copriferro netto minimo  | 45          | mm  |

### 3.1.6 Soletta

|  |             |     |
|--|-------------|-----|
| Classe di resistenza minima  | C35/45      | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i> | $\geq 35$   | MPa |
| Tipo di cemento cem  | I - V       | -   |
| Rapporto massimo acqua/cemento   | $\leq 0.55$ | -   |
| Classe di consistenza (Slump)  | S4          | -   |
| Classe di esposizione  | XC3+XD1     | -   |
| Dimensione massima dell'aggregato  | 25          | mm  |
| Copriferro netto minimo (ad estradosso)  | 45          | mm  |
| Copriferro netto minimo (ad intradosso)  | 20          | mm  |

### 3.1.7 Cordoli

|  |             |     |
|--|-------------|-----|
| Classe di resistenza minima  | C35/45      | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i> | $\geq 35$   | MPa |
| Tipo di cemento cem  | I - V       | -   |
| Rapporto massimo acqua/cemento   | $\leq 0.55$ | -   |
| Classe di consistenza (Slump)  | S4          | -   |
| Classe di esposizione  | XC4+XD3     | -   |
| Dimensione massima dell'aggregato  | 25          | mm  |
| Copriferro netto minimo  | 45          | mm  |

### 3.1.8 Predalles collaboranti prefabbricate e velette ferma-getto prefabbricate

|  |             |     |
|--|-------------|-----|
| Classe di resistenza minima  | C40/50      | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i> | $\geq 40$   | MPa |
| Rapporto massimo acqua/cemento   | $\leq 0.55$ | -   |
| Dimensione massima dell'aggregato  | 16          | mm  |
| Classe di esposizione  | XC3+XD1     | -   |
| Copriferro netto minimo  | 30          | mm  |

## 3.2 ACCIAIO

### 3.2.1 Acciaio per armatura lenta

|  |            |     |
|--|------------|-----|
| Classe di resistenza minima                                      | B450C      | -   |
| <i>Tensione caratteristica a snervamento <math>f_{yk}</math></i> | $\geq 450$ | MPa |
| <i>Tensione caratteristica a rottura <math>f_{tk}</math></i>     | $\geq 540$ | MPa |

### 3.2.2 Acciaio da carpenteria

|   |           |   |
|---|-----------|---|
| Classe di resistenza  | S355      | - |
| Profili laminati $t \leq 20\text{mm}$ (EN 10025-5)                          | S355J0W   | - |
| Profili laminati $20\text{mm} \leq t \leq 40\text{mm}$ (EN 10025-5)         | S355J2G1W | - |
| Profili laminati $40\text{mm} \leq t \leq 80\text{mm}$ (EN 10025-5)         | S355K2G1W | - |
| Profili composti saldati $t \leq 20\text{mm}$ (EN 10025-5)                  | S355J0W   | - |
| Profili composti saldati $20\text{mm} \leq t \leq 40\text{mm}$ (EN 10025-5) | S355J2G1W | - |
| Profili composti saldati $40\text{mm} \leq t \leq 80\text{mm}$ (EN 10025-5) | S355K2G1W | - |
| Imbottiture $t \leq 3\text{mm}$   | S355J0W   | - |

### 3.2.3 Connettori a taglio (pioli)

|  |               |     |
|--|---------------|-----|
| Classe Pioli elettrosaldati tipo Nelson (EN ISO 13918)       | S235J2G3+C450 | -   |
| <i>Tensione caratteristica a rottura <math>f_{tk}</math></i> | $\geq 450$    | MPa |

### 3.2.4 Unioni bullonate

- **BULLONI A TAGLIO AD ALTA RESISTENZA**

Si applica quanto specificato nella normativa UNI EN 15048.

Assieme vite/dado/rondelle: sistema SC

- VITI: **classe 8.8** (UNI EN ISO 898-1)
- DADI: **classe 8** (UNI EN ISO 898-2)
- RONDELLE: Durezza minima pari a 300HV

Il piano di taglio interesserà il gambo non filettato della vite.

Ciascun bullone a taglio deve essere comunque serrato, sebbene si accettino forze di precarico minori rispetto a quelle dei bulloni ad attrito.

Fori per bulloni:

- M16 a taglio – FORO  $\Phi$ 17
- M20 a taglio – FORO  $\Phi$ 21
- M24 a taglio – FORO  $\Phi$ 25.5
- M27 a taglio – FORO  $\Phi$ 28.5

- **BULLONI AD ATTRITO AD ALTA RESISTENZA**

Tutti i collegamenti soggetti ad inversione di sforzi dovranno essere previsti ad attrito.

Si applica quanto specificato nella normativa UNI EN 14399.



Assieme vite/dado/rondelle: sistema **HRC** con serraggio calibrato meccanicamente (UNI EN 14399-10); fattore "k" certificato in base ai requisiti richiesti per la **classe funzionale k2**.

- VITI: **classe 10.9** (UNI EN ISO 898-1)
- DADI: **classe 10** (UNI EN ISO 898-2)
- RONDELLE: Durezza pari a 300÷370 HV
- Il coefficiente d'attrito tra le piastre è pari a  $\mu=0.3$ .

Valori della forza di precarico (Tab.4.2.XVI NTC2018) e gioco foro-bullone:

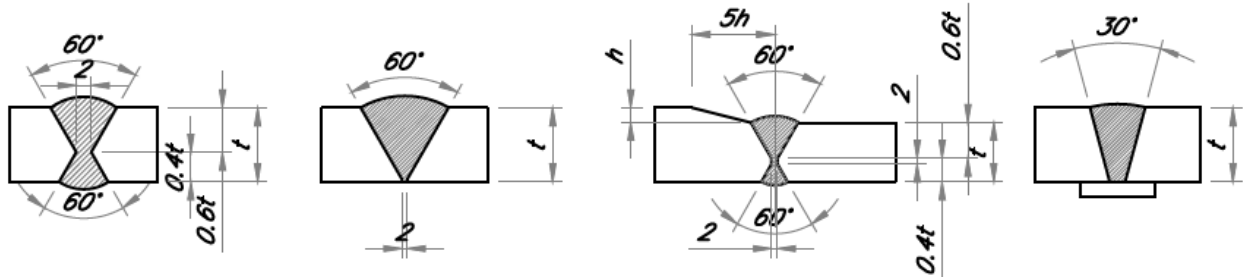
| BULLONE        | PRECARICO $F_{p,c}$ [kN] | FORO $\Phi$ [mm] |
|----------------|--------------------------|------------------|
| M16 – Cl. 10.9 | 110                      | 17.0             |
| M20 – Cl. 10.9 | 172                      | 21.0             |
| M24 – Cl. 10.9 | 247                      | 25.5             |
| M27 – Cl. 10.9 | 321                      | 28.5             |

I bulloni disposti verticalmente, se possibile, avranno la testa della vite verso l'alto e il dado verso il basso ed avranno una rondella sotto la vite ed una sotto il dado.

*Nei calcoli si è assunto un gioco foro-bullone pari a 2mm per bulloni fino a M24 e un gioco foro-bullone pari a 3mm per M27 (assunzione a favore di sicurezza).*

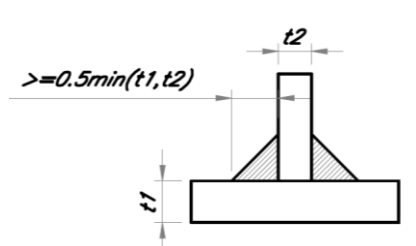
### 3.2.5 Unioni saldate

Saldature a completa penetrazione (UNI EN 1011).



Saldature a doppio cordone d'angolo (simmetriche) continue sul perimetro del pezzo da saldare (UNI EN 1011).

La dimensione del cordone è riportata negli elaborati grafici. Laddove non riportata, si deve assumere un valore del lato del cordone "z" pari a 0,5 volte lo spessore più piccolo dell'elemento da unire.



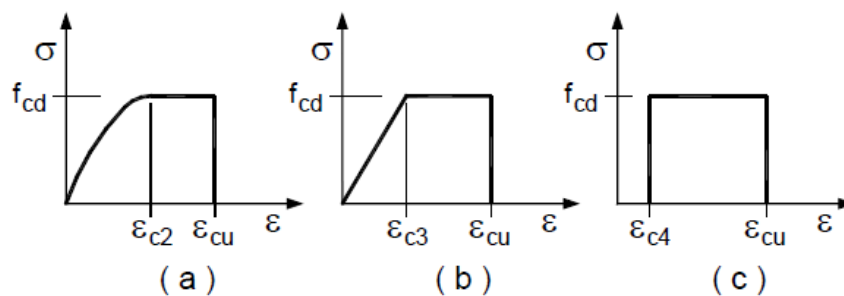
Tutte le saldature devono essere continue, fatta eccezione dove non sia espressamente indicata "a tratti".

### 3.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI PER IL CALCOLO

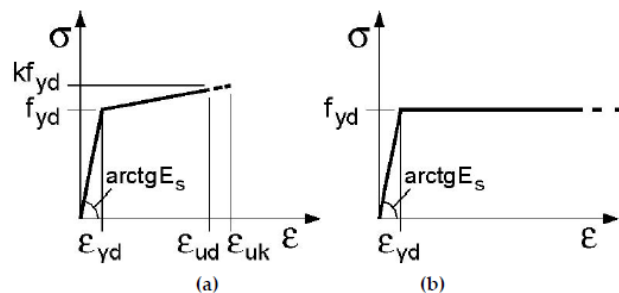
#### 3.3.1 Calcestruzzo armato

Per i legami costitutivi di progetto si è fatto riferimento a quanto indicato al §4.1.2.1.2 delle NTC2018.

Si riportano di seguito i legami riportati nella suddetta normativa.



**Figura 10 – Legami costitutivi del calcestruzzo (NTC2018)**



**Figura 11 – Legami costitutivi dell'acciaio (NTC2018)**

Dove, per calcestruzzi inferiori al C50/60, si ha:

$$\varepsilon_{c2} = 0.20\% \quad ; \quad \varepsilon_{cu} = 0.35\% \quad ; \quad \varepsilon_{c3} = 0.175\% \quad ; \quad \varepsilon_{c4} = 0.07\%$$

Per il calcolo elastico si è assunto un modulo di rigidezza (a breve termine) del calcestruzzo pari a:

$$E_{cm} = 22\,000 \left( \frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{0.3} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\S 11.2.10.3 \text{ delle NTC2018})$$

Per l'acciaio il modulo elastico è pari a  $E_s = 210\,000$  MPa.

Si riportano di seguito i valori delle resistenze di progetto e dei moduli elastici di acciaio e calcestruzzo, assunti nei calcoli per le varie parti della struttura:

- Calcestruzzo per pali e plinti di fondazione: C25/30

|  |        |     |
|--|--------|-----|
| Classe di resistenza   | C25/30 | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i>   | 25.00  | MPa |
| <i>Coefficiente di sicurezza del materiale <math>\gamma_M</math></i>   | 1.50   | -   |
| <i>Resistenza cilindrica di progetto a compressione <math>f_{cd} = f_{ck} / \gamma_M</math></i>  | 16.67  | MPa |
| <i>Resistenza cilindrica di progetto a compressione modificata per tener conto degli effetti a lunga durata <math>f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_M</math></i> | 14.17  | MPa |
| <i>Modulo elastico</i>   | 31 476 | MPa |

- Calcestruzzo per elevazione pile, spalle e muri: C32/40

|  |        |     |
|--|--------|-----|
| Classe di resistenza   | C32/40 | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i>   | 32.00  | MPa |
| <i>Coefficiente di sicurezza del materiale <math>\gamma_M</math></i>   | 1.50   | -   |
| <i>Resistenza cilindrica di progetto a compressione <math>f_{cd} = f_{ck} / \gamma_M</math></i>  | 21.33  | MPa |
| <i>Resistenza cilindrica di progetto a compressione modificata per tener conto degli effetti a lunga durata <math>f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_M</math></i> | 18.13  | MPa |
| <i>Modulo elastico</i>   | 33 346 | MPa |

- Calcestruzzo per baggioli e ritegni, soletta e cordoli: C35/45

|  |        |     |
|--|--------|-----|
| Classe di resistenza   | C35/45 | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i>   | 35.00  | MPa |
| <i>Coefficiente di sicurezza del materiale <math>\gamma_M</math></i>   | 1.50   | -   |
| <i>Resistenza cilindrica di progetto a compressione <math>f_{cd} = f_{ck} / \gamma_M</math></i>  | 23.33  | MPa |
| <i>Resistenza cilindrica di progetto a compressione modificata per tener conto degli effetti a lunga durata <math>f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_M</math></i> | 19.83  | MPa |
| <i>Modulo elastico</i>   | 34 077 | MPa |

- Calcestruzzo per predalles e velette: C40/50

|  |        |     |
|--|--------|-----|
| Classe di resistenza   | C40/50 | -   |
| <i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione <math>f_{ck}</math></i>   | 40.00  | MPa |
| <i>Coefficiente di sicurezza del materiale <math>\gamma_M</math></i>   | 1.50   | -   |
| <i>Resistenza cilindrica di progetto a compressione <math>f_{cd} = f_{ck} / \gamma_M</math></i>  | 26.67  | MPa |
| <i>Resistenza cilindrica di progetto a compressione modificata per tener conto degli effetti a lunga durata <math>f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_M</math></i> | 22.67  | MPa |
| <i>Modulo elastico</i>   | 35 220 | MPa |

- Acciaio per armature lente

|   |         |     |
|---|---------|-----|
| Classe di acciaio   | B450C   | -   |
| <i>Tensione caratteristica a snervamento <math>f_{yk}</math></i>                  | 450     | MPa |
| <i>Tensione di progetto a snervamento <math>f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M</math></i> | 391.3   | MPa |
| <i>Modulo elastico</i>  | 210 000 | MPa |

Ulteriori parametri meccanici sono riportati al §4.1, §11.2.10 e al §11.3.2.1 delle NTC2018.

Si riportano di seguito i parametri più significativi del calcestruzzo armato:

- Coefficiente di dilatazione termica  $\alpha=10^{-5}$
- Peso specifico  $25 \text{ kN/m}^3$

### 3.3.2 Acciaio da carpenteria

Per i calcoli si possono assumere le tensioni caratteristiche di snervamento e di rottura riportate al §4.2.1.1 delle NTC2018.

- Acciaio da carpenteria S355

|   |         |     |
|---|---------|-----|
| Classe di resistenza  | S355    | -   |
| Tensione caratteristica a snervamento $f_{yk}$ per $t \leq 40 \text{ mm}$ | 355     | MPa |
| Tensione caratteristica a rottura $f_{tk}$ per $t \leq 40 \text{ mm}$     | 460     | MPa |
| Tensione caratteristica a snervamento $f_{yk}$ per $t > 40 \text{ mm}$    | 335     | MPa |
| Tensione caratteristica a rottura $f_{tk}$ per $t > 40 \text{ mm}$        | 430     | MPa |
| Modulo elastico   | 210 000 | MPa |

Per il calcolo delle resistenze di progetto, si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza:

|  |                      |   |
|--|----------------------|---|
| Resistenza delle sezioni in classe 1,2,3,4                   | $\gamma_{M0} = 1.05$ | - |
| Resistenza all'instabilità delle membrature                  | $\gamma_{M1} = 1.10$ | - |
| Resistenza nei riguardi delle sezioni tese (forate) e unioni | $\gamma_{M2} = 1.25$ | - |

Si riportano di seguito ulteriori parametri significativi:

- Coefficiente di dilatazione termica  $\alpha=1.2 \cdot 10^{-5}$
- Peso specifico  $78.5 \text{ kN/m}^3$

### 3.4 CLASSE DI ESECUZIONE

La UNI EN 1090 Introduce il concetto di "Execution Class" in termini di requisiti specificati, classificati per l'esecuzione di un'opera nel suo complesso, di un singolo componente o di un dettaglio di un componente. La classe di esecuzione seleziona e specifica il livello di qualità appropriato riguardo alla sicurezza che quel componente avrà nell'opera di costruzione.

La scelta della classe di esecuzione prende in considerazione:

- il tipo di materiale utilizzato;
- la classe di conseguenza CC (Tabella 2);
- la categoria di servizio, legata al rischio dell'installazione/utilizzo SC (Tabella 3);
- la categoria di produzione, legata alla complessità di esecuzione PC (Tabella 4).

Si riportano di seguito le tabelle utili alla valutazione dei parametri suddetti.

| CLASSE DI CONSEGUENZA (CCi) | DESCRIZIONE  | ESEMPI   |
|-----------------------------|--|--|
| CC3                         | Gravi conseguenze per perdite di vite umane, economiche o sociali. Oppure gravi conseguenze per l'ambiente.                  | Tribune coperte, edifici pubblici, ove le conseguenze di errori sono alte (Esempio: sale di concerti).                                   |
| CC2                         | Conseguenze di media entità per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure considerevoli conseguenze per l'ambiente. | Costruzioni residenziali oppure per uffici, uffici pubblici ove le conseguenze in caso di fallimento sono medie (Costruzioni di uffici). |
| CC1                         | Lievi conseguenze per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure basse o trascurabili conseguenze per l'ambiente.    | Costruzioni agricole dove le persone normalmente non entrano (esempio: Magazzini, serre).  |

**Tabella 2 – Classi di conseguenza (CC)**

| CATEGORIA DI SERVIZIO (SC)  | DEFINITE IN BASE ALLE SOLLECITAZIONI PREVISTE (dinamiche / statiche)  |
|---|---|
| SC1   | Strutture e componenti progettati per azioni quasi-statiche (Esempio: Edifici)<br>Strutture e componenti per connessioni progettate per resistere ad azioni simiche in regioni a bassa intensità sismica e DCL<br>Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da gru (Classe S0)  |
| SC2   | Strutture e componenti progettati per azioni a fatica in accordo con EN 1993 (Esempio: ponti ferroviari e stradali, gru (da S1 a S9), strutture suscettibili a vibrazioni determinate dall'azione del vento, gru oppure macchine con funzione rotazionale)<br>Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per azioni sismiche in regioni con medio ed alto rischio sismico e in DCM e DCH |
| <p>Legenda:</p> <p>DCL: Comportamento strutturale poco dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1)</p> <p>DCM: Comportamento strutturale mediamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1)</p> <p>DCH: Comportamento strutturale altamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1)</p> |   |

**Tabella 3 – Categoria di servizio (SC)**

| CATEGORIA DI PRODUZIONE (PC) | DEFINITE IN BASE ALLE TECNOLOGIE PRODUTTIVE   |
|------------------------------|---|
| PC1                          | Componenti non saldati e realizzati con qualunque grado di acciaio<br>Componenti saldati realizzati con acciaio digrado inferiore a S355  |
| PC2                          | Componenti saldati realizzati con acciaio di grado S355 e superiore<br>Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati tramite saldatura sulla costruzione in situ<br>Componenti con formatura a caldo oppure che abbiano ricevuto un trattamento termico durante la produzione<br>Componenti di tralicci CHS che richiedono tagli e profilature |

**Tabella 4 – Categoria di produzione (PC)**



Per la struttura in progetto si è assunta una classe di conseguenza CC2, una categoria di servizio SC2 e una categoria di produzione PC2.

Pertanto, in riferimento alla Tabella 5, si è assunta una classe di esecuzione EXC3.

| Tabella di determinazione della classe di esecuzione  |     |      |      |      |      |      |      |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|
| Classi di conseguenza   |     | CC1  |      | CC2  |      | CC3  |      |
| Categorie di servizio   |     | SC1  | SC2  | SC1  | SC2  | SC1  | SC2  |
| Categorie di produzione   | PC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 | EXC3 | EXC3 | EXC3 |
|   | PC2 | EXC2 | EXC2 | EXC2 | EXC3 | EXC3 | EXC4 |
| La classe di esecuzione EXC4 deve essere scelta in caso di strutture con estreme conseguenze determinate dal cedimento della struttura, in base a disposizioni legislative. |     |      |      |      |      |      |      |

**Tabella 5 – Determinazione della classe di esecuzione**

## 4 ANALISI DEI CARICHI

Nel presente capitolo si riporta l'analisi dei carichi agenti sulla struttura.

### 4.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G1)

Il carico dovuto al peso proprio della carpenteria metallica di impalcato, è stato valutato direttamente da modello di calcolo.

Per tener conto del peso delle parti di impalcato non direttamente modellate (irrigidimenti, trave di spina, controventi e collegamenti vari), il peso per unità di volume del materiale assegnato agli elementi del modello è stato maggiorato del 20% ( $\gamma=94.2\text{kN/m}^3$ ).

Il peso della soletta è stato considerato in funzione dell'effettivo spessore del getto presente in un determinato tratto del viadotto.

Per le sottostrutture si è assunto un peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a  $25\text{ kN/m}^3$ .

Si riportano di seguito i pesi per unità di lunghezza relativi alla parte metallica e alla parte in calcestruzzo dell'impalcato:

| <b>Tratto SA-P4</b>                    |                                  |                 |   |                  |                    |
|--|----------------------------------|-----------------|---|------------------|--------------------|
|  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Spessore<br>[m] | Carico/m <sup>2</sup><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Larghezza<br>[m] | Carico/m<br>[kN/m] |
| Carpenteria Metallica (da modello FEM) | -                                | -               | 2.10  | 12.90            | <b>27.1</b>        |
| Calcestruzzo Soletta+Predalles         | 25.0                             | 0.300           | 7.50  | 12.90            | <b>96.8</b>        |
| <b>TOTALE g1</b>                       |                                  |                 |   |                  | <b>123.8</b>       |
| <b>Tratto P4-P5</b>                    |                                  |                 |   |                  |                    |
|  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Spessore<br>[m] | Carico/m <sup>2</sup><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Larghezza<br>[m] | Carico/m<br>[kN/m] |
| Carpenteria Metallica (da modello FEM) | -                                | -               | 2.10  | 12.90            | <b>27.1</b>        |
| Calcestruzzo Soletta+Predalles         | 25.0                             | 0.335           | 8.38  | 12.90            | <b>108.0</b>       |
| <b>TOTALE g1</b>                       |                                  |                 |   |                  | <b>135.1</b>       |
| <b>Tratto P5-P9</b>                    |                                  |                 |   |                  |                    |
|  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Spessore<br>[m] | Carico/m <sup>2</sup><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Larghezza<br>[m] | Carico/m<br>[kN/m] |
| Carpenteria Metallica (da modello FEM) | -                                | -               | 2.10  | 12.90            | <b>27.1</b>        |
| Calcestruzzo Soletta+Predalles         | 25.0                             | 0.365           | 9.13  | 12.90            | <b>117.7</b>       |
| <b>TOTALE g1</b>                       |                                  |                 |   |                  | <b>144.8</b>       |
| <b>Tratto P9-P10</b>                   |                                  |                 |   |                  |                    |
|  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Spessore<br>[m] | Carico/m <sup>2</sup><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Larghezza<br>[m] | Carico/m<br>[kN/m] |
| Carpenteria Metallica (da modello FEM) | -                                | -               | 2.10  | 13.15            | <b>27.6</b>        |
| Calcestruzzo Soletta+Predalles         | 25.0                             | 0.350           | 8.75  | 13.15            | <b>115.1</b>       |
| <b>TOTALE g1</b>                       |                                  |                 |   |                  | <b>142.7</b>       |
| <b>Tratto P10-SB</b>                   |                                  |                 |   |                  |                    |
|  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Spessore<br>[m] | Carico/m <sup>2</sup><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Larghezza<br>[m] | Carico/m<br>[kN/m] |
| Carpenteria Metallica (da modello FEM) | -                                | -               | 2.10  | 13.50            | <b>28.4</b>        |
| Calcestruzzo Soletta+Predalles         | 25.0                             | 0.310           | 7.75  | 13.50            | <b>104.6</b>       |
| <b>TOTALE g1</b>                       |                                  |                 |   |                  | <b>133.0</b>       |

**Tabella 6 – Carichi permanenti strutturali g1**

## 4.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi permanenti non strutturali presenti sull'impalcato.

| <b>Tratto SA-P9</b>  |             |                                  |                  |                 |                          |                        |
|----------------------|-------------|----------------------------------|------------------|-----------------|--------------------------|------------------------|
|                      | Num.<br>[-] | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Larghezza<br>[m] | Spessore<br>[m] | Carico/m/unità<br>[kN/m] | Carico/m TOT<br>[kN/m] |
| Pavimentazione       | 1           | 24.0                             | 10.500           | 0.110           | 27.7                     | <b>27.7</b>            |
| Cordoli              | 2           | 25.0                             | 1.200            | 0.180           | 5.4                      | <b>10.8</b>            |
| Sicurvia             | 2           | -                                | -                | -               | 1.5                      | <b>3.0</b>             |
| Veleste fermagetto   | 2           | -                                | -                | -               | 0.7                      | <b>1.4</b>             |
| Carter laterali      | 2           | -                                | -                | -               | 1.5                      | <b>3.0</b>             |
| Smaltimento acque    | 2           | -                                | -                | -               | 0.25                     | <b>0.5</b>             |
| Passerella           | 1           | -                                | -                | -               | 1.0                      | <b>1.0</b>             |
| <b>TOTALE g2</b>     |             |                                  |                  |                 |                          | <b>47.4</b>            |
| <b>Tratto P9-P10</b> |             |                                  |                  |                 |                          |                        |
|                      | Num.<br>[-] | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Larghezza<br>[m] | Spessore<br>[m] | Carico/m/unità<br>[kN/m] | Carico/m TOT<br>[kN/m] |
| Pavimentazione       | 1           | 24.0                             | 10.750           | 0.110           | 28.4                     | <b>28.4</b>            |
| Cordoli              | 2           | 25.0                             | 1.200            | 0.180           | 5.4                      | <b>10.8</b>            |
| Sicurvia             | 2           | -                                | -                | -               | 1.5                      | <b>3.0</b>             |
| Veleste fermagetto   | 2           | -                                | -                | -               | 0.7                      | <b>1.4</b>             |
| Carter laterali      | 2           | -                                | -                | -               | 1.5                      | <b>3.0</b>             |
| Smaltimento acque    | 2           | -                                | -                | -               | 0.25                     | <b>0.5</b>             |
| Passerella           | 1           | -                                | -                | -               | 1.0                      | <b>1.0</b>             |
| <b>TOTALE g2</b>     |             |                                  |                  |                 |                          | <b>48.1</b>            |
| <b>Tratto P10-SB</b> |             |                                  |                  |                 |                          |                        |
|                      | Num.<br>[-] | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Larghezza<br>[m] | Spessore<br>[m] | Carico/m/unità<br>[kN/m] | Carico/m TOT<br>[kN/m] |
| Pavimentazione       | 1           | 24.0                             | 11.100           | 0.110           | 29.3                     | <b>29.3</b>            |
| Cordoli              | 2           | 25.0                             | 1.200            | 0.180           | 5.4                      | <b>10.8</b>            |
| Sicurvia             | 2           | -                                | -                | -               | 1.5                      | <b>3.0</b>             |
| Veleste fermagetto   | 2           | -                                | -                | -               | 0.7                      | <b>1.4</b>             |
| Carter laterali      | 2           | -                                | -                | -               | 1.5                      | <b>3.0</b>             |
| Smaltimento acque    | 2           | -                                | -                | -               | 0.25                     | <b>0.5</b>             |
| Passerella           | 1           | -                                | -                | -               | 1.0                      | <b>1.0</b>             |
| <b>TOTALE g2</b>     |             |                                  |                  |                 |                          | <b>49.0</b>            |

**Tabella 7 – Carichi permanenti non strutturali g2**

#### 4.3 RITIRO (E2) E VISCOSITÀ (E3)

L'azione di ritiro e gli effetti legati alla viscosità del calcestruzzo della soletta, sono stati analizzate come segue.

Si riporta di seguito il calcolo della deformazione da ritiro a tempo infinito e i valori dei coefficienti di viscosità utilizzati nel calcolo. Si è fatto riferimento a quanto indicato nell'Allegato B delle UNI EN 1992-1-1.

| DATI IN INPUT |                   |       |   |
|---------------|-------------------|-------|---|
| $f_{ck}$      | [MPa]             | 35    | Resistenza cilindrica caratteristica a compressione                   |
| RH            | [%]               | 70    | Umidità Relativa  |
| Classe        | [-]               | N     | Classe del cemento  |
| A             | [m <sup>2</sup> ] | 4.302 | Area della sezione trasversale del calcestruzzo                       |
| u             | [m]               | 14.22 | Perimetro della parte di sezione trasversale in cls esposta all'aria  |
| $h_0$         | [m]               | 0.605 | Dimensione convenzionale della sezione trasversale: $2 \cdot A_c / u$ |

| RITIRO $\epsilon_2$ (UNI EN 1992-1-1)          |     |                  |  |
|--|-----|------------------|--|
| <i>Deformazione da ritiro per essiccamento</i> |     |                  |  |
| $\beta_{RH}$                                   | [-] | 1.018            | Coeff. dipendente dall'umidità relativa                  |
| $\alpha_{ds1}$                                 | [-] | 4                | Coeff. dipendente dalla classe del cemento               |
| $\alpha_{ds2}$                                 | [-] | 0.12             | Coeff. dipendente dalla classe del cemento               |
| $\epsilon_{cd,0}$                              | [-] | 3.410E-04        | Deformazione di base dovuta al ritiro per essiccamento   |
| $k_h$  | [-] | 0.700            | Coeff. dipendente dalla dimensione convenzionale $h_0$   |
| $\epsilon_{cd,\infty}$                         | [-] | 2.387E-04        | Deformazione da ritiro per essiccamento a tempo infinito |
| <i>Deformazione da ritiro autogeno</i>         |     |                  |  |
| $\epsilon_{ca,\infty}$                         | [-] | 6.250E-05        | Deformazione da ritiro autogeno a tempo infinito         |
| <i>Deformazione da ritiro totale</i>           |     |                  |  |
| $\epsilon_{cs,\infty}$                         | [-] | <b>3.012E-04</b> | Deformazione da ritiro totale a tempo infinito           |

**Tabella 8 – Calcolo della deformazione da ritiro nel calcestruzzo della soletta**

Ai fini dei calcoli degli effetti globali, la deformazione da ritiro è stata applicata all'area di calcestruzzo effettivamente collaborante con la trave, escludendo dunque l'area della predalla.

| VISCOSITÀ $\epsilon_3$ (UNI EN 1992-1-1)   |      |              |   |
|--|------|--------------|---|
| $\alpha_1$   | [-]  | 0.866        | Coeff. dipendente dalla resistenza del calcestruzzo           |
| $\alpha_2$   | [-]  | 0.960        | Coeff. dipendente dalla resistenza del calcestruzzo           |
| $\alpha_3$   | [-]  | 0.902        | Coeff. dipendente dalla resistenza del calcestruzzo           |
| $\beta_H$  | [-]  | 1172.5       | Coeff. dipendente dall'umidità relativa e dalla dim. fittizia |
| $\beta(f_{cm})$  | [-]  | 2.562        | Coeff. che tiene conto della resistenza del calcestruzzo      |
| $\varphi_{RH}$   | [-]  | 1.254        | Coeff. che tiene conto dell'umidità relativa                  |
| <i>Coefficiente di viscosità associato a carichi applicati dopo la presa del calcestruzzo (permanenti non strutturali,...)</i> |      |              |   |
| $t_0$  | [gg] | <b>30.0</b>  | Età del cls al momento dell'applicazione del carico           |
| $t_0^*$  | [gg] | 30.0         | $t_0$ corretto in funzione del tipo di cemento                |
| t  | [gg] | 10000        | Tempo in cui si valutano gli effetti (tempo infinito)         |
| $\beta(t_0)$   | [-]  | 0.482        | Coeff. che tiene conto dell'età del cls al momento del carico |
| $\varphi_0$  | [-]  | 1.549        | Coeff. nominale di viscosità                                  |
| $\beta_c(t, t_0)$  | [-]  | 0.967        | Coeff. che descrive l'evoluzione della viscosità nel tempo    |
| $\varphi(t_0, t)$  | [-]  | <b>1.498</b> | Coeff. di viscosità associato ad azioni permanenti costanti   |
| <i>Coefficiente di viscosità associato a carichi applicati a "tempo zero" (azione da ritiro)</i>                               |      |              |   |
| $t_0$  | [gg] | <b>1.0</b>   | Età del cls al momento dell'applicazione del carico           |
| $t_0^*$  | [gg] | 1.0          | $t_0$ corretto in funzione del tipo di cemento                |
| t  | [gg] | 10000        | Tempo in cui si valutano gli effetti (tempo infinito)         |
| $\beta(t_0)$   | [-]  | 0.909        | Coeff. che tiene conto dell'età del cls al momento del carico |
| $\varphi_0$  | [-]  | 2.922        | Coeff. nominale di viscosità                                  |
| $\beta_c(t, t_0)$  | [-]  | 0.967        | Coeff. che descrive l'evoluzione della viscosità nel tempo    |
| $\varphi(t_0, t)$  | [-]  | <b>2.826</b> | Coeff. di viscosità associato ad azioni permanenti costanti   |

**Tabella 9 – Calcolo dei coefficienti di viscosità per la soletta**

In accordo con quanto indicato al §5.4.2.2 delle UNI-EN 1994-1-1, nel calcolo degli effetti legati a carichi permanenti, la viscosità del calcestruzzo della soletta è stata portata in conto attraverso l'introduzione di un modulo elastico ridotto per il calcestruzzo (Metodo del Modulo Ridotto, Figura 12).

(2) Ad eccezione delle membrature con entrambe le ali composte, gli effetti della viscosità possono essere considerati adottando un coefficiente di omogeneizzazione  $n_L$  per il calcestruzzo. I coefficienti di omogeneizzazione dipendenti dal tipo di carico (indicati con il pedice L) sono forniti dalla formula seguente:

$$n_L = n_0(1 + \psi_L \varphi_t) \quad (5.6)$$

dove:

- $n_0$  è il coefficiente di omogeneizzazione dato dal rapporto  $E_a/E_{cm}$  per carico di breve durata;
- $E_{cm}$  è il modulo elastico secante del calcestruzzo per carico di breve durata secondo il prospetto 3.1 o prospetto 11.3.1 della EN 1992-1-1;
- $\varphi_t$  è il coefficiente di viscosità  $\varphi(t, t_0)$ , punto 3.1.4 oppure punto 11.3.3, della EN 1992-1-1 in funzione dell'età ( $t$ ) del calcestruzzo al momento considerato e all'età ( $t_0$ ) all'atto di applicazione del carico;
- $\psi_L$  è il moltiplicatore degli effetti della viscosità dipendente dal tipo di carico, che si raccomanda sia assunto pari a 1,1 per i carichi permanenti, pari a 0,55 per gli effetti primari e secondari dovuti al ritiro e pari a 1,5 per le deformazioni imposte dalla precompressione.

**Figura 12 – Metodo del modulo ridotto (UNI-EN 1994-1-1)**

Come indicato nella figura precedente, si è tenuto conto della natura del carico (variabile nel caso del ritiro, costante nel caso dei permanenti non strutturali) attraverso l'introduzione del coefficiente  $\psi_L$ . Tale parametro è legato al fenomeno dell'invecchiamento del materiale.

Si riportano di seguito i moduli elastici ridotti del calcestruzzo e i coefficienti di omogeneizzazione così calcolati.

| COEFFICIENTE DI OMOGENEIZZAZIONE   |       |              |   |
|--|-------|--------------|---|
| <i>A "breve termine" - per azioni variabili e per azioni permanenti a "tempo zero"</i> |       |              |   |
| $E_{c,0}$  | [MPa] | 34077.1      | Modulo elastico del calcestruzzo per azioni di breve durata         |
| $n_0$  | [-]   | <b>6.16</b>  | Coefficiente di omogeneizzazione per azioni di lunga durata         |
| <i>A "lungo termine" - Azioni permanenti (g2) a tempo infinito</i>                     |       |              |   |
| $\varphi$  | [-]   | 1.498        | Coefficiente di viscosità   |
| $\psi_L$   | [-]   | <b>1.10</b>  | Moltiplicatore degli effetti della viscosità                        |
| $E_{c,RID}$  | [MPa] | 12867.7      | Modulo elastico ridotto del calcestruzzo per azioni di lunga durata |
| $n_\infty$   | [-]   | <b>16.32</b> | Coefficiente di omogeneizzazione per azioni di lunga durata         |
| <i>A "lungo termine" - Azione da ritiro (<math>\epsilon_2</math>) a tempo infinito</i> |       |              |   |
| $\varphi$  | [-]   | 2.826        | Coefficiente di viscosità   |
| $\psi_L$   | [-]   | <b>0.55</b>  | Moltiplicatore degli effetti della viscosità                        |
| $E_{c,RID}$  | [MPa] | 13341.3      | Modulo elastico ridotto del calcestruzzo per azioni di lunga durata |
| $n_\infty$   | [-]   | <b>15.74</b> | Coefficiente di omogeneizzazione per azioni di lunga durata         |

**Tabella 10 – Calcolo dei moduli ridotti del calcestruzzo della soletta e dei rispettivi coefficienti di omogeneizzazione**

#### 4.4 CEDIMENTI IN FONDAZIONE (E4)

L'entità dei cedimenti in fondazione può assumersi pari a  $L/3000$ , dove "L" è luce media tra le campate a cavallo della pila o, per la spalla, è la luce della campata di riva.

In particolare, sono state considerate le seguenti condizioni:

|                   | <i>Pila/spalla cui è applicato il cedimento (entità del cedimento)</i> |
|-------------------|--|
| $\epsilon_{4\_1}$ | P1 (0.165m); P3, P5, P7 (0.0167m); P9 (0.0158m); P11 (0.0145)          |
| $\epsilon_{4\_2}$ | SA (0.0117m); P2, P4, P6, P8 (0.0167m); P10 (0.0150m); SB (0.0100)     |

**Tabella 11 – Cedimenti vincolari. Casi di carico assunti nelle analisi**

Con " $\epsilon_4$ " si intende l'inviluppo dei casi considerati.

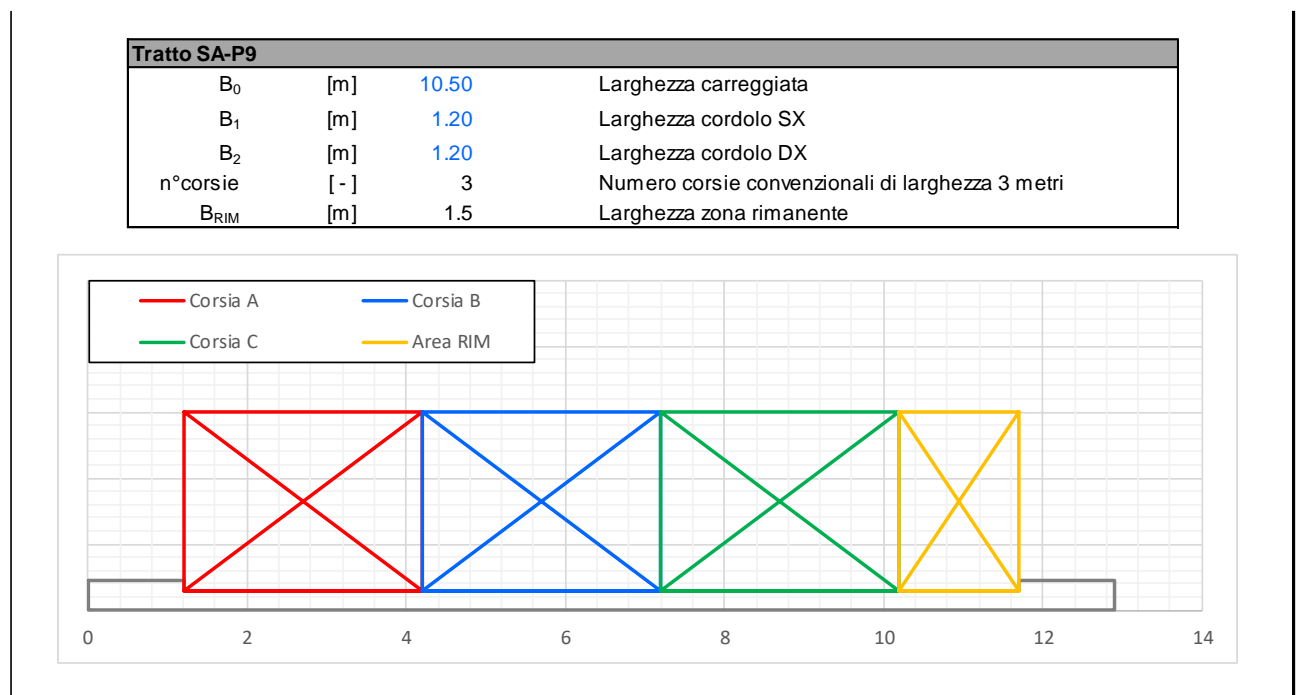


#### 4.5 AZIONI VERTICALI DA TRAFFICO (Q1)

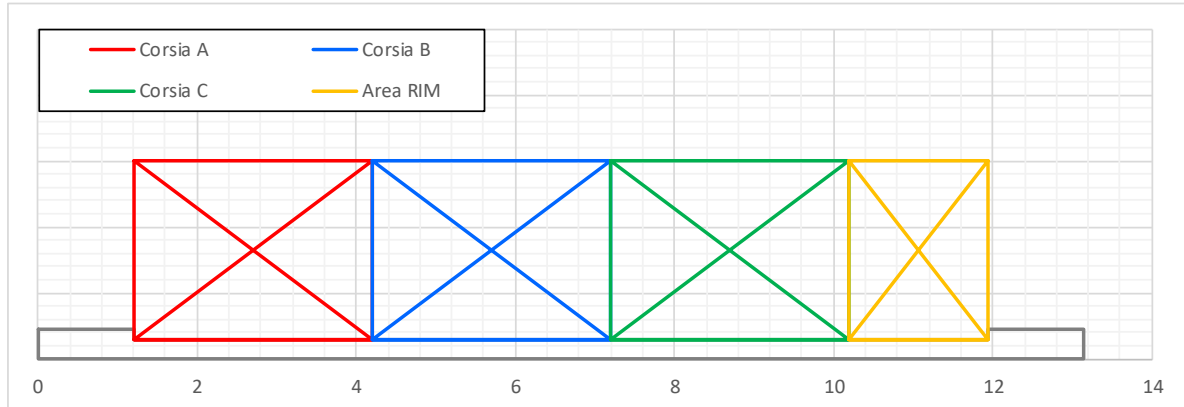
L'analisi dei carichi mobili è stata effettuata in accordo alle indicazioni delle NTC2018.

In accordo con quanto indicato nella suddetta norma, si considera una larghezza delle corsie convenzionali pari a 3.00 m e una restante parte detta area rimanente.

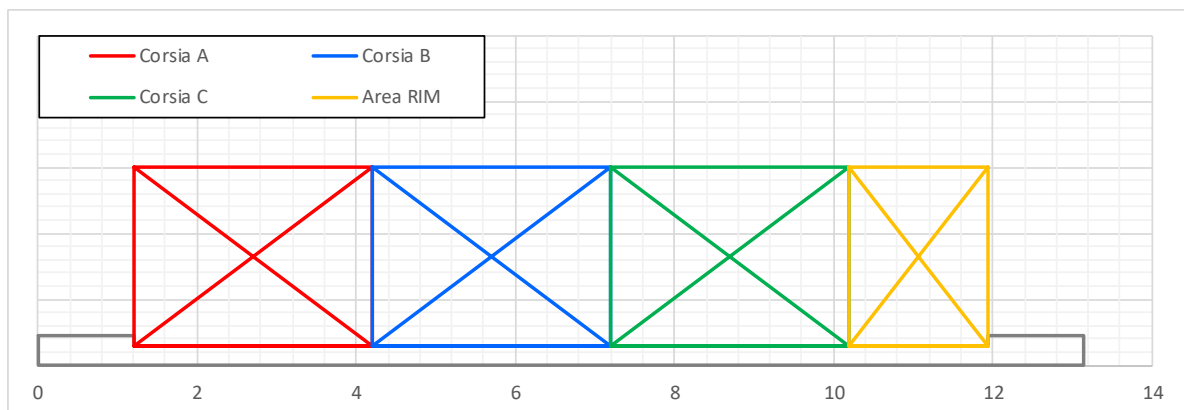
La valutazione della larghezza e della posizione delle corsie è stata fatta tenendo conto della reale geometria della piattaforma stradale lungo lo sviluppo dell'impalcato:



| Tratto P9-P10    |       |       |  |
|------------------|-------|-------|--|
| B <sub>0</sub>   | [m]   | 10.75 | Larghezza carreggiata                            |
| B <sub>1</sub>   | [m]   | 1.20  | Larghezza cordolo SX                             |
| B <sub>2</sub>   | [m]   | 1.20  | Larghezza cordolo DX                             |
| n°corsie         | [ - ] | 3     | Numero corsie convenzionali di larghezza 3 metri |
| B <sub>RIM</sub> | [m]   | 1.75  | Larghezza zona rimanente                         |



| Tratto P11-SB    |       |       |  |
|------------------|-------|-------|--|
| B <sub>0</sub>   | [m]   | 10.75 | Larghezza carreggiata                            |
| B <sub>1</sub>   | [m]   | 1.20  | Larghezza cordolo SX                             |
| B <sub>2</sub>   | [m]   | 1.20  | Larghezza cordolo DX                             |
| n°corsie         | [ - ] | 3     | Numero corsie convenzionali di larghezza 3 metri |
| B <sub>RIM</sub> | [m]   | 1.75  | Larghezza zona rimanente                         |



Le azioni variabili da traffico da considerare per le verifiche SLE e SLU, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dagli schemi di carico 1 e 2 descritti al §5.1.3.3.3 delle NTC18.

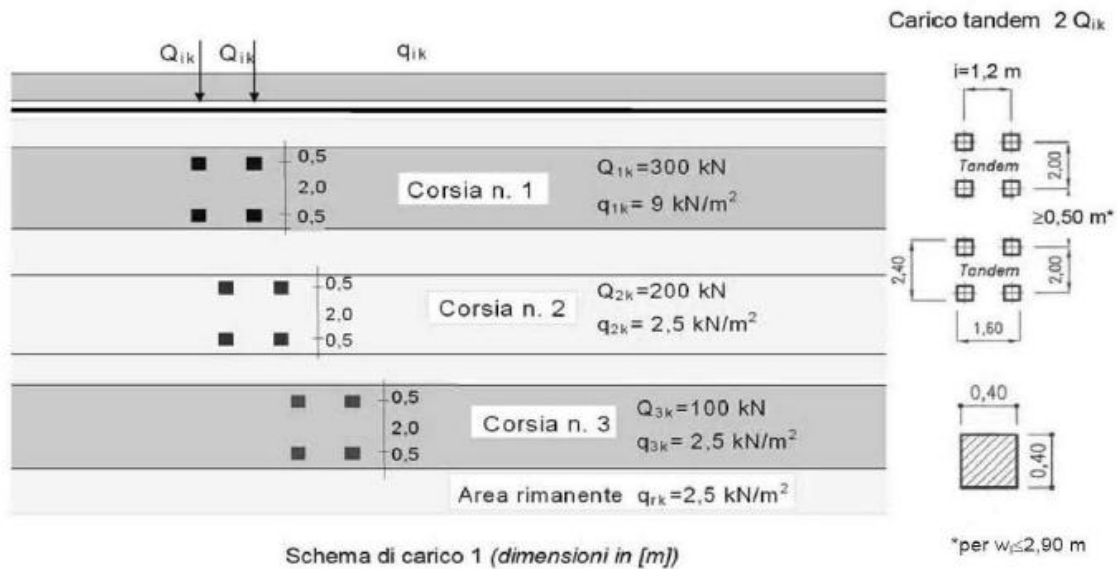
Per le verifiche a fatica, poiché queste sono state condotte "a danneggiamento" attraverso il "metodo  $\lambda$ " (§5.1.4.3 NTC2018), si è fatto ricorso al modello di carico a fatica 3.

Tali schemi sono descritti nel seguito:

### Schema di carico 1:

è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40m, e da carichi uniformemente distribuiti. L'intensità dei carichi da applicare a ciascuna corsia è la seguente:

- *corsia n°1*: due assi in tandem pari a  $Q_{1k} = 300$  kN ciascuno; un carico ripartito  $q_{1k} = 9$  kN/m<sup>2</sup>;
- *corsia n°2*: due assi in tandem pari a  $Q_{2k} = 200$  kN ciascuno; un carico ripartito  $q_{2k} = 2.5$  kN/m<sup>2</sup>;
- *corsia n°3*: due assi in tandem pari a  $Q_{3k} = 300$  kN ciascuno; un carico ripartito  $q_{3k} = 2.5$  kN/m<sup>2</sup>;
- *area rimanente*: solo carico ripartito pari a  $q_{rk} = 2.5$  kN/m<sup>2</sup>.



**Figura 13 – Schema di carico 1**

Le analisi globali per la valutazione delle sollecitazioni SLU e SLE sono state svolte considerando l'involuppo delle condizioni di carico che vedono, a rotazione, l'associazione dei carichi delle corsie n°1, n°2 e n°3 (quando sfavorevoli per l'elemento in verifica) alle corsie convenzionali definite in precedenza (A, B e C). Sulla zona rimanente si è applicato, se risultato sfavorevole, il carico distribuito pari a 2.5 kN/m<sup>2</sup>.

Si è considerata anche la condizione specchiata rispetto a quella rappresentata in precedenza, ovvero con corsia A lato cordolo destro e zona rimanente lato cordolo sinistro. Così procedendo, si tenderà a massimizzare le sollecitazioni su entrambe le travi.

Schema di carico 2:

è costituito da un singolo asse applicato su impronte 0.60 m x 0.35 m. Tale schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più sfavorevole.

In accordo con le NTC18, è stato considerato ai soli fini delle verifiche locali.

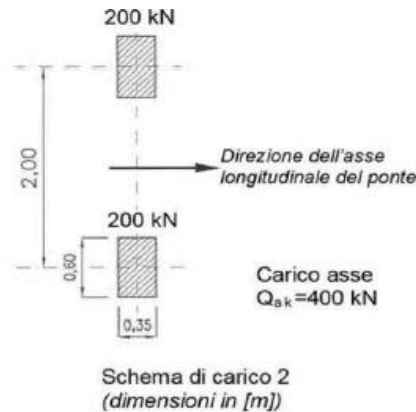


Figura 14 – Schema di carico 2

Modello di carico a fatica 3:

è costituito da un veicolo di fatica simmetrico a 4 assi, ciascuno di peso 120 kN. Il distanziamento tra le impronte di pneumatico è rappresentato in Figura 15.

Il modello 3 è stato applicato in asse alle corsie convenzionali A, B e C indicate nelle figure precedenti (approccio cautelativo secondo NTC2018).

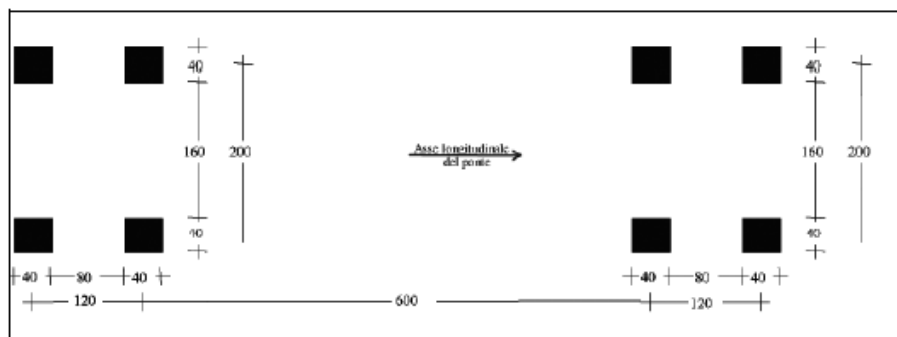


Figura 15 – Modello di carico di fatica n°3

Per le analisi globali il carico da fatica è stato posizionato sia in asse alla corsia convenzionale adiacente al cordolo sinistro, sia a quella adiacente al cordolo destro.

Longitudinalmente i carichi de modelli menzionati sono stati disposti in modo da massimizzare le sollecitazioni sulle diverse parti della struttura.

#### 4.6 INCREMENTO DINAMICO ADDIZIONALE IN PRESENZA DI DISCONTINUITÀ STRUTTURALI (Q2)

In accordo con quanto indicato al §C5.1.4.3 della Circolare 2019, per le parti di impalcato poste entro i 6 m di distanza dai giunti di dilatazione, si è assunto un coefficiente di amplificazione dei carichi da traffico pari a:

$$\Delta\varphi = 1.30 (1 - d / 26) \geq 1$$

dove "d" è la distanza della sezione considerata dalla sezione di giunto, espressa in metri.

La normativa richiede l'applicazione di tale fattore amplificativo per le verifiche a fatica. Si è comunque ritenuto opportuno considerarlo anche per le verifiche SLU e SLE.

#### 4.7 AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO O DI ACCELERAZIONE (Q3)

In accordo col §5.1.3.5 delle NTC2018, la forza di frenamento o di accelerazione è stata assunta come un'azione uniformemente distribuita di entità pari a:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6(2Q_{1k}) + 0.10 q_{1k} \text{ w } L \leq 900 \text{ kN}$$

Dove:

$w_1 = 3.0 \text{ m}$  larghezza convenzionale della corsia  
 $Q_{1K} = 300 \text{ kN}$  peso del singolo asse tandem della corsia 1  
 $q_{1K} = 9 \text{ kN/m}$  carico uniformemente distribuito della corsia 1  
 ed "L" è la lunghezza della zona caricata.

|   |                      |            |   |
|---|----------------------|------------|---|
| L   | [m]                  | 550.0      | Lunghezza zona caricata                               |
| $w_1$   | [m]                  | 3.0        | Larghezza corsia n°1                                  |
| $2 \cdot Q_{1k}$  | [kN]                 | 600.0      | Carico asse tandem della corsia n°1                   |
| $q_{1k}$  | [kN/m <sup>2</sup> ] | 9.0        | Carico distribuito della corsia n°1                   |
| <b><math>Q_3</math></b>   | <b>[kN]</b>          | <b>900</b> | <b>Azione risultante di accelerazione/frenamento</b>  |
| <b><math>q_3</math></b>   | <b>[kN/m]</b>        | <b>1.6</b> | <b>Azione distribuita di accelerazione/frenamento</b> |
| <i>L'azione di frenatura è stata applicata su tutto lo sviluppo dell'impalcato.</i> |                      |            |   |

**Tabella 12 – Calcolo dell'azione longitudinale di accelerazione/frenamento  $q_3$**

In accordo con quanto indicato nelle NTC, l'azione è stata considerata agente lungo l'asse della corsia n°1 ed è stata applicata a livello della pavimentazione.

#### 4.8 AZIONE CENTRIFUGA ( $Q_4$ )

In accordo con quanto indicato al §5.1.3.6 delle NTC2018, l'azione centrifuga può essere schematizzata attraverso una forza concentrata applicata a livello della pavimentazione, la quale deve essere applicata in modo tale da massimizzare le sollecitazioni sugli elementi dell'impalcato e delle sottostrutture.

L'entità di tale forza è da calcolarsi come indicato nella tabella seguente:

| Raggio di curvatura [m] | $q_4$ [kN] |
|-------------------------|------------|
| $R < 200$               | $0,2 Q_v$  |
| $200 \leq R \leq 1500$  | $40 Q_v/R$ |
| $1500 \leq R$           | 0          |

**Tabella 13 – Valutazione dell'azione centrifuga secondo le NTC2018**

dove  $Q_v$  è pari alla somma dei carichi concentrati (Tandem System) presenti sulla totalità delle corsie caricate.

Si riporta nella tabella seguente il calcolo eseguito:

| <b>Tratto R=320 (SA-P2)</b>         |             |              |   |
|-------------------------------------|-------------|--------------|---|
| $Q_v$                               | [kN]        | 1200         | Sommatoria dei carichi TS presenti sulle corsie |
| C/R                                 | [-]         | C            | Tratto in curva (C) o rettilineo (R)            |
| R                                   | [m]         | 320.0        | Raggio di curvatura                             |
| <b><math>Q_4</math></b>             | <b>[kN]</b> | <b>150.0</b> | <b>Forza centrifuga</b>                         |
| <b>Tratto R=600m (P2-P4)</b>        |             |              |   |
| $Q_v$                               | [kN]        | 1200         | Sommatoria dei carichi TS presenti sulle corsie |
| C/R                                 | [-]         | C            | Tratto in curva (C) o rettilineo (R)            |
| R                                   | [m]         | 600.0        | Raggio di curvatura                             |
| <b><math>Q_4</math></b>             | <b>[kN]</b> | <b>80.0</b>  | <b>Forza centrifuga</b>                         |
| <b>Tratto in rettilineo (P4-P9)</b> |             |              |   |
| $Q_v$                               | [kN]        | 1200         | Sommatoria dei carichi TS presenti sulle corsie |
| C/R                                 | [-]         | R            | Tratto in curva (C) o rettilineo (R)            |
| R                                   | [m]         | -            | Raggio di curvatura                             |
| <b><math>Q_4</math></b>             | <b>[kN]</b> | <b>0.0</b>   | <b>Forza centrifuga</b>                         |
| <b>Tratto R=900m (P9-SB)</b>        |             |              |   |
| $Q_v$                               | [kN]        | 1200         | Sommatoria dei carichi TS presenti sulle corsie |
| C/R                                 | [-]         | C            | Tratto in curva (C) o rettilineo (R)            |
| R                                   | [m]         | 900.0        | Raggio di curvatura                             |
| <b><math>Q_4</math></b>             | <b>[kN]</b> | <b>53.3</b>  | <b>Forza centrifuga</b>                         |

**Tabella 14 – Calcolo dell'azione centrifuga  $q_4$**



#### 4.9 AZIONE DEL VENTO (Q5)

L'azione del vento è stata assimilata ad un carico statico ed è stata valutata in accordo con quanto indicato nelle NTC2018 e nelle UNI EN 1991-1-4.

Per l'impalcato, come indicato nelle UNI EN, l'azione del vento può essere rappresentata attraverso tre contributi:

- azione agente in direzione ortogonale all'asse del viadotto;
- azione agente in direzione parallela all'asse del viadotto;
- azione agente in direzione verticale.

Poiché ritenuta poco significativa, e in accordo con le indicazioni delle NTC2018, l'azione del vento agente in direzione longitudinale sull'impalcato non è stata considerata nel calcolo. Al contrario, l'azione verticale, quando sfavorevole, è stata portata in conto simultaneamente alle azioni dirette in direzione trasversale.

In concomitanza all'azione trasversale sull'impalcato, è stata considerata anche un'azione trasversale sulle sottostrutture.

Inoltre, per le pile, l'azione del vento è stata considerata agente anche nella direzione longitudinale. Tale condizione è stata considerata come non simultanea a quella del vento trasversale.

##### 4.9.1 Velocità di riferimento

La velocità base di riferimento del vento " $v_b$ " è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno  $T_R = 50$  anni.

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

dove:

- $v_{b,0}$ : è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tabella 15 in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- $c_a$ : è il coefficiente di altitudine, calcolato come indicato nella formula di seguito riportata.

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left( \frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove " $a_s$ " è l'altitudine rispetto al livello del mare del sito dove sorge il viadotto e " $a_0$ ", " $k_s$ " sono coefficienti definiti nella Tabella 15.

| Zona | Descrizione   | $v_{b,0}$ [m/s] | $a_0$ [m] | $k_s$ |
|------|---|-----------------|-----------|-------|
| 1    | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25              | 1000      | 0,40  |
| 2    | Emilia Romagna  | 25              | 750       | 0,45  |
| 3    | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)   | 27              | 500       | 0,37  |
| 4    | Sicilia e provincia di Reggio Calabria  | 28              | 500       | 0,36  |
| 5    | Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)  | 28              | 750       | 0,40  |
| 6    | Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)  | 28              | 500       | 0,36  |
| 7    | Liguria   | 28              | 1000      | 0,54  |
| 8    | Provincia di Trieste  | 30              | 1500      | 0,50  |
| 9    | Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto   | 31              | 500       | 0,32  |

**Tabella 15 – Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$**

Dalla velocità base di riferimento è possibile calcolare la velocità di riferimento, attraverso la formula:

$$V_r = v_b \cdot c_r$$

dove " $c_r$ " è il coefficiente di ritorno, attraverso il quale è possibile valutare la velocità di riferimento del vento per periodi di ritorno diversi da 50 anni:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_r} \right) \right]}$$

In accordo con quanto indicato nelle NTC, il periodo di ritorno è stato assunto pari a:

- 50 anni ( $c_r = 1$ ) per le verifiche ad opera ultimata;
- 10 anni per le verifiche in fase di costruzione.

Si riporta di seguito il calcolo della velocità di riferimento:

| Dati di base                          |        |      |   |
|---------------------------------------|--------|------|---|
| $a_s$                                 | [m]    | 220  | Altitudine sul livello del mare                               |
| zona                                  | [-]    | 3    | Zona di pertinenza  |
| Velocità base di riferimento (§3.3.1) |        |      |   |
| $v_{b,0}$                             | [m/s]  | 27   | Velocità base di riferimento al livello del mare (tab. 3.3.I) |
| $a_0$                                 | [m]    | 500  | Parametro funzione della zona da tab. 3.3.I                   |
| $k_s$                                 | [-]    | 0.37 | Parametro funzione della zona da tab. 3.3.I                   |
| $c_a$                                 | [-]    | 1.00 | Coefficiente di altitudine                                    |
| $v_b$                                 | [m/s]  | 27.0 | Velocità base di riferimento                                  |
| Velocità di riferimento (§3.3.2)      |        |      |   |
| $T_r$                                 | [anni] | 50   | Periodo di ritorno di progetto                                |
| $c_r$                                 | [-]    | 1.00 | Coefficiente di ritorno                                       |
| $v_r$                                 | [m/s]  | 27.0 | Velocità di riferimento                                       |

**Tabella 16 – Valutazione della velocità di riferimento del vento**

#### 4.9.2 Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

dove:

" $v_r$ " è la velocità di riferimento del vento, calcolata come indicato nel paragrafo precedente;

" $\rho$ " è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>.

| Pressione cinetica di riferimento (§3.3.6) |              |
|--|--------------|
| $q_r$ [kN/m <sup>2</sup> ]                 | <b>0.456</b> |

Pressione cinetica di riferimento

**Tabella 17 – Valutazione della pressione cinetica di riferimento**

#### 4.9.3 Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione è un coefficiente correttivo della pressione cinetica di riferimento funzione:

- dell'altezza "z" dal suolo dell'opera;
- della topografia e quindi della categoria di esposizione.

Per il viadotto, a favore di sicurezza, tanto per l'azione del vento sull'impalcato, quanto per quella sulle sottostrutture, si è assunta come altezza dell'opera rispetto al suolo un'altezza pari a quella corrispondente all'estradosso impalcato.

La categoria di esposizione è stata valutata in riferimento a quanto indicato nelle NTC2018, il cui contenuto si riporta di seguito nella Tabella 18 e nella Figura 16.

In funzione dei parametri di Tabella 19, nota la categoria di esposizione, è possibile valutare il coefficiente di esposizione:

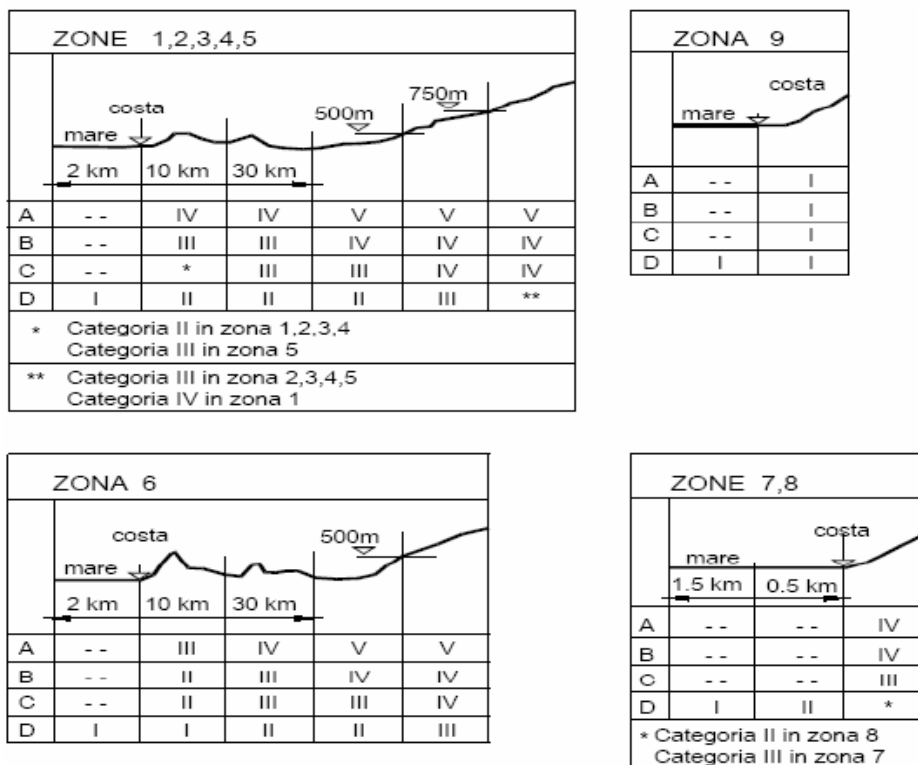
$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

| Classe di rugosità del terreno | Descrizione  |
|--------------------------------|--|
| A                              | Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m  |
| B                              | Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive   |
| C                              | Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D  |
| D                              | a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa);<br>b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa)<br>c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...) |

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

**Tabella 18 – Classi di rugosità del terreno**



**Figura 16 – Definizione delle categorie di esposizione**

| Categoria di esposizione del sito | $K_r$ | $z_0$ [m] | $z_{min}$ [m] |
|-----------------------------------|-------|-----------|---------------|
| I                                 | 0,17  | 0,01      | 2             |
| II                                | 0,19  | 0,05      | 4             |
| III                               | 0,20  | 0,10      | 5             |
| IV                                | 0,22  | 0,30      | 8             |
| V                                 | 0,23  | 0,70      | 12            |

**Tabella 19 – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione**

Si riporta di seguito il calcolo del coefficiente di esposizione:

| Coefficiente di esposizione (§3.3.7) |     |              |  |
|--------------------------------------|-----|--------------|--|
| Cl.Rug.                              | [-] | <b>C</b>     | Classe di rugosità   |
| Cat                                  | [-] | <b>III</b>   | Categoria di esposizione del sito                                |
| z                                    | [m] | <b>18.00</b> | Altimetria della struttura                                       |
| $K_r$                                | [-] | 0.20         | Parametro funzione della categoria di esposizione da tab. 3.3.II |
| $z_0$                                | [m] | 0.10         | Parametro funzione della categoria di esposizione da tab. 3.3.II |
| $z_{min}$                            | [m] | 5.00         | Parametro funzione della categoria di esposizione da tab. 3.3.II |
| $c_t$                                | [-] | <b>1.000</b> | Coefficiente di topografia                                       |
| $c_e$                                | [-] | <b>2.533</b> | Coefficiente di esposizione                                      |

**Tabella 20 – Valutazione del coefficiente di esposizione**

#### 4.9.4 Coefficiente dinamico

Il coefficiente dinamico è un coefficiente correttivo della pressione cinetica di riferimento che tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Cautelativamente, è stato assunto un coefficiente dinamico unitario:

| Coefficiente dinamico (§3.3.9) |     |              |                       |
|--------------------------------|-----|--------------|-----------------------|
| $c_d$                          | [-] | <b>1.000</b> | Coefficiente dinamico |

**Tabella 21 – Valutazione del coefficiente dinamico**

#### 4.9.5 Coefficienti aerodinamici e aree sulla quale agisce la pressione del vento

Il coefficiente aerodinamico (o di pressione) è un coefficiente correttivo della pressione cinetica di riferimento che tiene conto della geometria dell'opera e dell'orientazione della stessa rispetto alla direzione del vento.

##### 4.9.5.1 Vento trasversale sull'impalcato

Il coefficiente aerodinamico dell'impalcato, per azione del vento in direzione trasversale all'asse impalcato, è stato calcolato sulla base del grafico indicato nelle UNI EN 1991-1-4, il quale si riporta in Figura 17.

Il coefficiente aerodinamico è stato valutato sia nelle condizioni di ponte scarico, sia nelle condizioni di ponte carico.

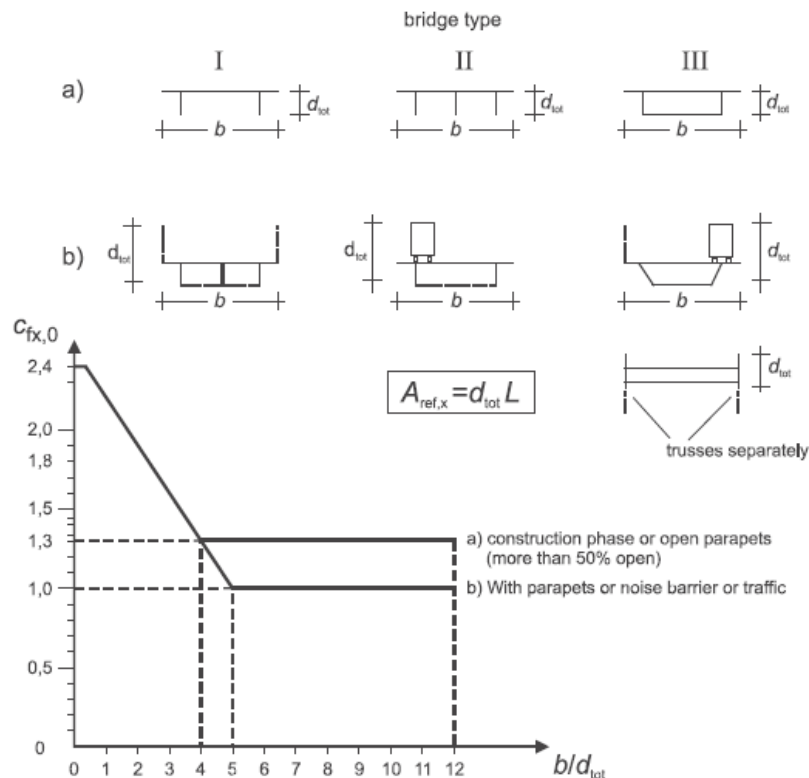


Figura 17 – Coefficienti aerodinamici per impalcati per azione del vento trasversale

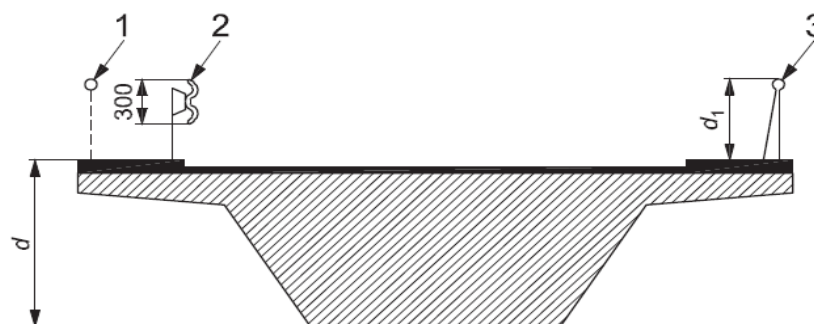
Si indica con " $d_{tot}$ " l'altezza sulla quale agisce la pressione del vento. Con " $b$ " la larghezza complessiva dell'impalcato.

Nella figura, nel gruppo a) ricadono gli impalcati in fase di costruzione e gli impalcati con parapetti o barriere aperte, nel gruppo b) gli impalcati con barriere antirumore, parapetti o barriere di sicurezza solide o nella condizione di presenza di traffico.

Nel caso in esame, sia per la condizione di ponte scarico, sia per la condizione di ponte scarico, si ricade nel caso b). I carter laterali sono infatti considerabili come ostacoli "pieni.

L'area sulla quale è stata considerata agente l'azione del vento è, per combinazioni di carico in assenza di traffico, pari alla somma di:

- l'area della faccia della trave principale frontale;
- l'area della faccia di quelle parti delle altre travi che sporgono al di sotto della prima;
- l'area della faccia della parte di soletta + cordolo al di sopra della trave principale frontale;
- l'area della faccia di ostacoli a parete piena o, se assenti, l'area delle barriere di sicurezza aperte, assunte di altezza 0.30m per lato (come indicato in Figura 18 e Tabella 22).



**Figura 18 – Altezze da impiegarsi per il calcolo dell'area su cui agisce la pressione del vento. 1: parapetti aperti; 2: barriere di sicurezza aperte; 3: parapetti, barriere antirumore o barriere di sicurezza a parete piena**



| Sistema di ritenuta   | su un lato          | su entrambi i lati  |
|---|---------------------|---------------------|
| Parapetto aperto o barriera di sicurezza aperta                 | $d + 0,3 \text{ m}$ | $d + 0,6 \text{ m}$ |
| Parapetto a parete piena o barriera di sicurezza a parete piena | $d + d_1$           | $d + 2 d_1$         |
| Parapetto aperto e barriera di sicurezza aperta                 | $d + 0,6 \text{ m}$ | $d + 1,2 \text{ m}$ |

**Tabella 22 - Altezze da impiegarsi per il calcolo dell'area su cui agisce la pressione del vento**

Per combinazioni di carico in presenza di traffico, l'area sulla quale è stata considerata agente l'azione del vento è pari alla somma di:

- l'area della faccia della trave principale frontale;
- l'area della faccia di quelle parti delle altre travi che sporgono al di sotto della prima;
- l'area della faccia della parte di soletta + cordolo al di sopra della trave principale frontale;
- l'area corrispondente ad un'altezza pari a 3m a partire dal livello della strada, se le barriere sono più basse di 3m. In caso contrario si assume un'area corrispondente all'altezza delle barriere stesse.

Si riporta di seguito il calcolo eseguito per la valutazione dei coefficienti aerodinamici.

Di seguito si intende per altezza della trave  $d_{trave}$ , la somma dell'altezza della prima trave e delle parti delle altre travi che sporgono al di sotto della prima (tenendo conto della pendenza trasversale dell'impalcato).

Si è considerato come riferimento per il calcolo il tratto di viadotto in rettilineo ( $B=12.9\text{m}$ ).

| Geometrie impalcato   |     |       |   |
|---|-----|-------|---|
| b   | [m] | 12.90 | Larghezza dell'impalcato  |
| d <sub>trave</sub>  | [m] | 2.50  | Altezza travi (comprende la parte di travi che sporgono da sotto)                       |
| d <sub>sol</sub>  | [m] | 0.37  | Altezza soletta   |
| d <sub>pav</sub>  | [m] | 0.11  | Altezza del pacchetto di pavimentazione   |
| d <sub>cord</sub>   | [m] | 0.18  | Altezza cordoli   |
| d <sub>ost,P</sub>  | [m] | 1.10  | Altezza ostacoli a parete piena   |
| n <sub>ost,P</sub>  | [-] | 2     | Numero ostacoli a parete piena  |
| d <sub>ost,A</sub>  | [m] | 0.30  | Altezza zona investita dal vento dell'ostacolo aperto (hp baricentro a 1.00m da strada) |
| n <sub>ost,A</sub>  | [-] | 2     | Numero di ostacoli aperti   |
| d <sub>traff</sub>  | [m] | 3.00  | Altezza della colonna di traffico   |
| Coefficiente aerodinamico (UNI EN 1991-1-4) - Azione del vento trasversale; caso di ponte scarico |     |       |   |
| d <sub>tot</sub>  | [m] | 4.15  | Altezza totale per il calcolo del coefficiente aerodinamico                             |
| C <sub>f</sub>  | [-] | 1.545 | Coefficiente aerodinamico (o di forma)  |
| Coefficiente aerodinamico (UNI EN 1991-1-4) - Azione del vento trasversale; caso di ponte carico  |     |       |   |
| d <sub>tot</sub>  | [m] | 5.98  | Altezza totale per il calcolo del coefficiente aerodinamico                             |
| C <sub>f</sub>  | [-] | 1.807 | Coefficiente aerodinamico (o di forma)  |

**Tabella 23 – Valutazione del coefficiente aerodinamico per vento trasversale su impalcato (ponte scarico e carico)**

#### 4.9.5.2 Vento verticale sull'impalcato

L'azione del vento si considera agente sia verso l'alto che verso il basso.

In accordo con le UNI EN 1991-1-4, il coefficiente aerodinamico per azione del vento verticale è stato assunto pari a  $\pm 0.9$ .

L'area su cui agisce tale pressione è pari all'area in pianta dell'impalcato.

| Coefficiente aerodinamico (UNI EN 1991-1-4) - Azione del vento verticale |     |       |  |
|--|-----|-------|--|
| b  | [m] | 12.9  | Larghezza in pianta                    |
| C <sub>f</sub>   | [-] | 0.900 | Coefficiente aerodinamico (o di forma) |

**Tabella 24 – Valutazione del coefficiente aerodinamico per vento verticale su impalcato**

In accordo con quanto indicato nella UNI EN, è stata considerata un'eccentricità della forza risultante dalla pressione del vento pari a  $b/4$ . Tale azione genera un momento intorno all'asse longitudinale dell'impalcato con conseguente aumento delle sollecitazioni in una delle due travi esterne.

#### 4.9.5.3 Vento sulle pile

Il coefficiente aerodinamico delle pile è stato calcolato come indicato al §7.6 delle UNI EN 1991-1-4 (*Elementi strutturali con sezioni rettangolari*). Quanto indicato nell'Eurocodice coincide con le indicazioni fornite nelle istruzioni CNR-DT 207/2008.

La formulazione è la seguente:

$$C_f = C_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda$$

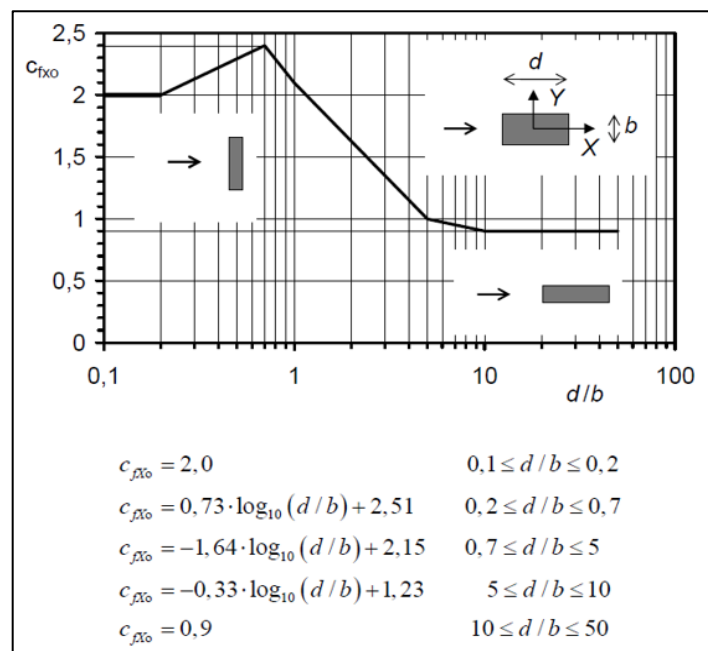
dove:

$c_{f,0}$  è il coefficiente relativo a sezioni rettangolari a spigoli vivi e in assenza di flusso di estremità libera. Il valore è stato ricavato dal grafico di Figura 13;

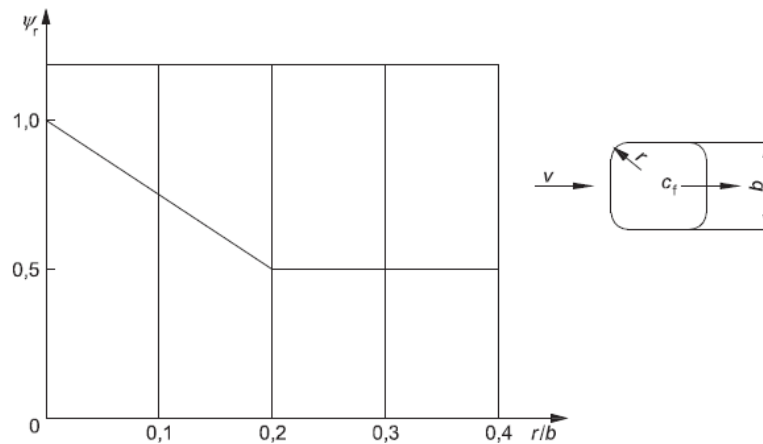
$\psi_r$  è il fattore di riduzione per sezioni quadrate a spigoli arrotondati, come da grafico di Figura 14.

A favore di sicurezza, il coefficiente  $\psi_\lambda$  è stato posto pari a 1.

Poiché la sezione presenta spigoli vivi,  $\psi_r = 1$ .



**Figura 19 – Coefficienti aerodinamici  $c_{f,0}$**



**Figura 20 –Coefficienti riduttivi per spigoli arrotondati  $\lambda_r$**

Si riporta di seguito quanto ottenuto dai calcoli esposti precedentemente.

Si è considerato il caso di azione del vento diretta trasversalmente al viadotto (la quale è da considerarsi concomitante all'azione sull'impalcato) e il caso di azione del vento diretta nella direzione longitudinale al viadotto.

| Coefficiente aerodinamico (UNI EN 1991-1-4) - Azione del vento sulle pile in direzione trasversale al viadotto |     |              |  |
|--|-----|--------------|--|
| b  | [m] | 2            | Larghezza della faccia investita dal vento   |
| d  | [m] | 4            | Larghezza dell'altra faccia  |
| r  | [m] | 0            | Raggio di curvatura degli spigoli  |
| d/b  | [-] | 2.00         | Rapporto tra i lati  |
| r/b  | [-] | 0.00         | Rapporto tra il raggio di curvatura degli spigoli e il lato della faccia investita |
| $C_{f,0}$  | [-] | 1.656        | Coefficiente aerodinamico (o di forma)   |
| $\psi_r$   | [-] | 1.00         | Coefficiente riduttivo per spigoli arrotondati                                     |
| $C_f$  | [-] | <b>1.656</b> | Coefficiente aerodinamico (o di forma)   |

**Figura 21 - Valutazione del coefficiente aerodinamico per vento trasversale su pile**

| Coefficiente aerodinamico (UNI EN 1991-1-4) - Azione del vento sulle pile in direzione longitudinale |     |              |  |
|--|-----|--------------|--|
| b  | [m] | 4            | Larghezza della faccia investita dal vento   |
| d  | [m] | 2            | Larghezza dell'altra faccia  |
| r  | [m] | 0            | Raggio di curvatura degli spigoli  |
| d/b  | [-] | 0.50         | Rapporto tra i lati  |
| r/b  | [-] | 0.00         | Rapporto tra il raggio di curvatura degli spigoli e il lato della faccia investita |
| $C_{f,0}$  | [-] | 2.290        | Coefficiente aerodinamico (o di forma)   |
| $\psi_r$   | [-] | 1.00         | Coefficiente riduttivo per spigoli arrotondati                                     |
| $C_f$  | [-] | <b>2.290</b> | Coefficiente aerodinamico (o di forma)   |

**Figura 22 - Valutazione del coefficiente aerodinamico per vento longitudinale su pile**

#### 4.9.6 Pressione del vento e azioni risultanti

La pressione del vento è data da:

$$P = q_r c_e c_p c_d$$

dove  $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento e  $c_e$ ,  $c_p$  e  $c_d$  sono rispettivamente il coefficiente di esposizione, il coefficiente aerodinamico (o di pressione) e il coefficiente dinamico.

##### 4.9.6.1 Vento trasversale su impalcato

Si riporta di seguito il calcolo della pressione e delle azioni per unità di lunghezza dovute all'azione del vento trasversale.

Si ipotizza che il centro di rigidità per azioni trasversali si trovi in corrispondenza del baricentro della soletta. L'azione trasversale del vento viene dunque riportata direttamente a baricentro soletta generando, per il relativo trasporto, un momento torcente traducibile in azioni verticali agenti sulle travi.

- Ponte scarico

| Pressione del vento e azioni complessive agenti in direzione trasversale nel caso di ponte scarico |                      |       |  |
|--|----------------------|-------|--|
| $p$  | [kN/m <sup>2</sup> ] | 1.79  | Pressione del vento sull'impalcato in direzione trasversale                                  |
| $d_{ref}$  | [m]                  | 5.25  | Altezza di riferimento per il calcolo dell'area sulla quale agisce la pressione del vento    |
| $z_{ref}$  | [m]                  | -0.29 | Quota di riferimento per l'applicazione della risultante da vento (risp. baricentro soletta) |
| $q_{5,t}$  | [kN/m]               | 9.4   | Azione del vento per unità di lunghezza agente sull'impalcato in direzione trasversale       |
| $m_{q_{5,t}}$  | [kNm]                | -2.7  | Momento che genera tira e spingi sulle travi (rispetto baricentro soletta)                   |

**Tabella 25 – Vento trasversale a ponte scarico. Pressione del vento e azioni complessive sull'impalcato.**

| Ponte scarico: carico verticale sulle travi per effetto del vento trasversale |                   |       |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |       |
|---|-------------------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------|
| Trave   | [-]               | 1     | 2     | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | TOT   |
| $x$   | [m]               | -3.50 | 3.50  |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2     |
| $x^2$   | [m <sup>2</sup> ] | 12.25 | 12.25 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 24.50 |
| $q_{5,v}$   | [kN/m]            | 0.39  | -0.39 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |       |

Legenda:

$x$  [m]: distanza trasversale rispetto al baricentro dell'impalcato

$q_{5,v}$  [kN/m]: carico verticale per unità di lunghezza agente su ciascuna trave

**Tabella 26 – Vento trasversale a ponte scarico. Carichi verticali sulle travi.**

- Ponte carico

| Pressione del vento e azioni complessive agenti in direzione trasversale nel caso di ponte carico |                      |             |  |
|---|----------------------|-------------|--|
| p   | [kN/m <sup>2</sup> ] | 2.09        | Pressione del vento sull'impalcato in direzione trasversale                                  |
| d <sub>ref</sub>  | [m]                  | 5.98        | Altezza di riferimento per il calcolo dell'area sulla quale agisce la pressione del vento    |
| z <sub>ref</sub>  | [m]                  | 0.31        | Quota di riferimento per l'applicazione della risultante da vento (risp. baricentro soletta) |
| q <sub>5,t</sub>  | [kN/m]               | <b>12.5</b> | Azione del vento per unità di lunghezza agente sull'impalcato in direzione trasversale       |
| m <sub>q5,t</sub>   | [kNm]                | <b>3.8</b>  | Momento che genera tira e spingi sulle travi (rispetto baricentro soletta)                   |

**Tabella 27 – Vento trasversale a ponte carico. Pressione del vento e azioni complessive sull'impalcato.**

| Ponte carico: carico verticale sulle travi per effetto del vento trasversale |                   |       |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |       |
|--|-------------------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------|
| Trave  | [-]               | 1     | 2     | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | TOT   |
| x  | [m]               | -3.50 | 3.50  |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2     |
| x <sup>2</sup>   | [m <sup>2</sup> ] | 12.25 | 12.25 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 24.50 |
| q <sub>5,v</sub>   | [kN/m]            | -0.54 | 0.54  |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |       |

Legenda:

x [m]: distanza trasversale rispetto al baricentro dell'impalcato

q<sub>5,v</sub> [kN/m]: carico verticale per unità di lunghezza agente su ciascuna trave

**Tabella 28 – Vento trasversale a ponte carico. Carichi verticali sulle travi.**

L'azione del vento a ponte carico è più gravosa di quella nella condizione di ponte scarico.  
Nei calcoli si assumerà sempre la condizione di vento a ponte carico.

#### 4.9.6.2 Vento verticale su impalcato

Si riporta di seguito il calcolo della pressione e delle azioni per unità di lunghezza dovute all'azione del vento verticale. Si tiene conto dell'eccentricità orizzontale, come indicato precedentemente.

| Pressione del vento e azioni complessive agenti in direzione verticale ponte carico/scarico |                      |             |  |
|---|----------------------|-------------|--|
| p   | [kN/m <sup>2</sup> ] | 1.04        | Pressione del vento sull'impalcato in direzione verticale                            |
| q <sub>5,v</sub>  | [kN/m]               | <b>13.4</b> | Azione del vento per unità di lunghezza agente sull'impalcato di direzione verticale |
| m <sub>q5,v</sub>   | [kNm]                | <b>43.3</b> | Momento che genera tira e spingi sulle travi (rispetto asse impalcato)               |

**Tabella 29 – Vento verticale. Pressione del vento e azioni complessive sull'impalcato.**

| Ponte carico/scarico: carico verticale sulle travi per effetto del vento verticale |                   |        |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |       |
|--|-------------------|--------|-------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------|
| Trave  | [-]               | 1      | 2     | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | TOT   |
| x  | [m]               | -3.50  | 3.50  |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2     |
| x <sup>2</sup>   | [m <sup>2</sup> ] | 12.25  | 12.25 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 24.50 |
| q <sub>5,v</sub>   | [kN/m]            | -12.89 | -0.53 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |       |

**Legenda:**

x [m]: distanza trasversale rispetto al baricentro dell'impalcato

q<sub>5,v</sub> [kN/m]: carico verticale per unità di lunghezza agente su ciascuna trave

**Tabella 30 – Vento verticale. Carichi verticali sulle travi.**

#### 4.9.6.3 Vento sulle pile

Si riporta di seguito il calcolo della pressione e delle azioni per unità di lunghezza dovute all'azione del vento sulle pile.

Si differenziano le azioni del vento agenti nelle due direzioni analizzate. Le due azioni si considerano indipendenti e dunque non saranno combinate.

| Pressione del vento e azioni compressive agenti sulle pile - Vento in direzione trasversale |                      |      |  |
|---|----------------------|------|--|
| p   | [kN/m <sup>2</sup> ] | 1.91 | Pressione del vento sulle pile                   |
| q <sub>5,p</sub>  | [kN/m]               | 3.8  | Azione del vento per unità di altezza della pila |

**Tabella 31 – Vento trasversale sulle pile. Azione distribuita sull'altezza.**

| Pressione del vento e azioni compressive agenti sulle pile - Vento nella direzione longitudinale |                      |      |  |
|--|----------------------|------|--|
| p  | [kN/m <sup>2</sup> ] | 2.65 | Pressione del vento sulle pile                   |
| q <sub>5,p</sub>   | [kN/m]               | 10.6 | Azione del vento per unità di altezza della pila |

**Tabella 32 – Vento longitudinale sulle pile. Azione distribuita sull'altezza.**

#### 4.10 AZIONE DEL VENTO DURANTE LE FASI COSTRUTTIVE (Q5\_FC)

Per il calcolo dei controventi superiori di impalcato, i quali svolgono la loro funzione per un tempo ridotto compreso tra il varo della carpenteria metallica e il momento in cui la soletta diventa collaborante, è possibile definire l'azione del vento a partire da un periodo di ritorno  $T_R = 10$  anni, piuttosto che pari a 50 anni.

Il calcolo dei coefficienti  $C_e$ ,  $C_d$  e  $C_f$  rimane invariato rispetto al caso  $T_R=50$ anni. L'altezza sulla quale calcolare l'azione complessiva agente può essere ricavata dal paragrafo precedente, nel caso di ponte scarico, escludendo l'eventuale presenza di barriere o altri ostacoli.

| AZIONE DEL VENTO SULL'IMPALCATO DURANTE LE FASI COSTRUTTIVE q5_FC (NTC2018 §3.3)                          |                      |              |  |
|---|----------------------|--------------|--|
| <b>Velocità di riferimento (§3.3.2)</b>   |                      |              |  |
| $T_r$   | [anni]               | <b>10</b>    | Periodo di ritorno di progetto   |
| $c_r$   | [-]                  | <b>0.90</b>  | Coefficiente di ritorno  |
| $v_r$   | [m/s]                | <b>24.4</b>  | Velocità di riferimento  |
| <b>Pressione cinetica di riferimento (§3.3.6)</b>   |                      |              |  |
| $q_r$   | [kN/m <sup>2</sup> ] | <b>0.372</b> | Pressione cinetica di riferimento  |
| <b>Coefficiente di esposizione (§3.3.7)</b>   |                      |              |  |
| $c_t$   | [-]                  | <b>1.000</b> | Coefficiente di topografia   |
| $c_e$   | [-]                  | <b>2.533</b> | Coefficiente di esposizione  |
| <b>Coefficiente dinamico (§3.3.9)</b>   |                      |              |  |
| $C_d$   | [-]                  | <b>1.000</b> | Coefficiente dinamico  |
| <b>Geometrie impalcato</b>  |                      |              |  |
| $b$   | [m]                  | <b>12.9</b>  | Larghezza dell'impalcato   |
| $d_{trave}$   | [m]                  | <b>2.50</b>  | Altezza travi (comprende la parte di travi che sporgono da sotto)                      |
| $d_{sol}$   | [m]                  | <b>0.37</b>  | Altezza soletta  |
| $d_{cord}$  | [m]                  | <b>0.00</b>  | Altezza cordoli  |
| $d_{imp}$   | [m]                  | <b>2.87</b>  | Altezza dell'impalcato (travi + soletta + cordoli)                                     |
| <b>Coefficiente aerodinamico (UNI EN 1991-1-4) - Azione del vento trasversale</b>                         |                      |              |  |
| $d_{tot}$   | [m]                  | <b>2.87</b>  | Altezza totale per il calcolo del coefficiente aerodinamico                            |
| $d_{tot}^*$   | [m]                  | <b>2.87</b>  | Altezza totale per il calcolo dell'area sulla quale agisce la pressione del vento      |
| $C_f$   | [-]                  | <b>1.300</b> | Coefficiente aerodinamico (o di forma)   |
| <b>Pressione del vento e azioni complessive agenti in direzione trasversale nel caso di ponte scarico</b> |                      |              |  |
| $p$   | [kN/m <sup>2</sup> ] | <b>1.22</b>  | Pressione del vento sull'impalcato in direzione trasversale                            |
| $q_{5,t}$   | [kN/m]               | <b>3.5</b>   | Azione del vento per unità di lunghezza agente sull'impalcato in direzione trasversale |
| $m_{q_{5,t}}$   | [kNm]                | <b>-4.4</b>  | Momento che genera tira e spingi sulle travi (rispetto baricentro soletta)             |

**Tabella 33 – Calcolo dell'azione del vento per  $T_R=10$  anni**



#### 4.11 AZIONI TERMICHE (Q7)

Per quanto riguarda gli effetti della temperatura, in accordo con le NTC2018 e con le UNI EN 1991-1-5, sono state considerate le seguenti azioni:

- Variazione termica uniforme sull'intera struttura  $\Delta T_N$ ;
- Variazione termica differenziale sull'altezza della sezione mista d'impalcato  $\Delta T_M$ .

Le azioni suddette sono state tra loro combinate nel seguente modo:

$$\Delta T_{M,heat} \text{ (or } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \Delta T_{N,exp} \text{ (or } \Delta T_{N,con})$$

$$\omega_M \Delta T_{M,heat} \text{ (or } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} \text{ (or } \Delta T_{N,con})$$

dove  $\omega_N=0.35$  e  $\omega_M=0.75$ .

##### 4.11.1 Variazione termica uniforme

In accordo con quanto indicato nella UNI EN 1991-1-5, le massime variazioni termiche uniformi di espansione e contrazione sono pari a:

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0$$

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min}$$

dove:

- $T_{e,max}$  e  $T_{e,min}$  sono rispettivamente la massima e minima temperatura uniforme del ponte ricavabili in funzione della  $T_{min}$  e  $T_{max}$  dell'aria esterna;
- $T_0$  è la temperatura iniziale all'atto della regolazione degli appoggi del ponte;

Il valore della temperatura iniziale  $T_0$  si è assunto, in accordo con il §3.5.4 delle NTC2018 pari a 15°C.

Per il calcolo della temperatura minima e massima dell'aria esterna  $T_{min}$  e  $T_{max}$  si è fatto riferimento a quanto indicato al §3.5.2 delle NTC2018. Il tempo di ritorno a cui si è fatto riferimento è pari a 50 anni.



**Figura 23 – Zone della temperatura dell'aria esterna (NTC2018)**

|  |                                       |         |
|--|---------------------------------------|---------|
| <b>Zona I</b><br>Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna: | $T_{min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000$  | [3.5.1] |
|  | $T_{max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000$   | [3.5.2] |
| <b>Zona II</b><br>Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata:                                       | $T_{min} = -8 - 6 \cdot a_s / 1000$   | [3.5.3] |
|  | $T_{max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$   | [3.5.4] |
| <b>Zona III</b><br>Marche, Abruzzo, Molise, Puglia:  | $T_{min} = -8 - 7 \cdot a_s / 1000$   | [3.5.5] |
|  | $T_{max} = 42 - 0.3 \cdot a_s / 1000$ | [3.5.6] |
| <b>Zona IV</b><br>Calabria, Sicilia:   | $T_{min} = -2 - 9 \cdot a_s / 1000$   | [3.5.7] |
|  | $T_{max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$   | [3.5.8] |

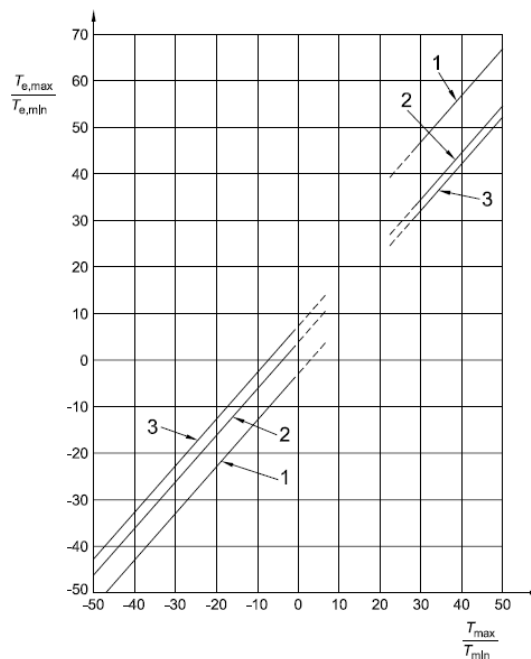
**Figura 24 – Formule per il calcolo della temperatura dell'aria esterna (NTC2018)**

Per il calcolo della temperatura della struttura minima e massima  $T_{e,min}$  e  $T_{e,max}$  si è fatto riferimento quanto indicato nel Capitolo 6 delle UNI EN 1991-1-5.

Nella figura seguente si inserisce il grafico riportato nelle UNI EN 1991-1-5, nel quale la temperatura massima e minima dell'aria sono correlate rispettivamente alla massima e minima temperature del ponte.

Nel grafico si distingue tra tre diverse tipologie di strutture:

- tipo 1: impalcato in acciaio (scatolare, reticolare, a parete piena);
- tipo 2: impalcato in struttura composta;
- tipo 3: impalcato in calcestruzzo (piastra, travi, travi scatolari).



**Figura 25 – Correlazione tra temperature dell'aria e componente di temperatura uniforme del ponte**

In accordo con quanto indicato al §C.5.1.4.5 della Circolare 2019, per la valutazione della componente cinematica dei vincoli e per il calcolo della dimensione dei varchi, i valori di

progetto della variazione termica uniforme per la valutazione agli SLU della massima espansione/contrazione si esprimono come:

$$\Delta T_{exp,d} = \Delta T_{exp} + \Delta T_0$$

$$\Delta T_{con,d} = \Delta T_{con} + \Delta T_0$$

in cui  $\Delta T_0$  è indicato nella tabella seguente.

|  |   |
|--|---|
| $\Delta T_0 = 5^\circ\text{C}$ per strutture di c.a., c.a.p. e acciaio/ds  | Installazione con la misurazione accurata della temperatura della struttura e con prerogolazione per effetti termici a fine costruzione.  |
| $\Delta T_0 = 5^\circ\text{C}$ per strutture di acciaio                    |   |
| $\Delta T_0 = 10^\circ\text{C}$ per strutture di c.a., c.a.p. e acciaio/ds | Installazione con la stima della temperatura della struttura e con prerogolazione per effetti termici a fine costruzione. Per stima della temperatura della struttura si intende la valutazione secondo quanto indicato nel Capitolo 6 delle UNI EN 1991-1-5 con una accurata misura della temperatura dell'aria esterna. |
| $\Delta T_0 = 15^\circ\text{C}$ per strutture di acciaio                   |   |
| $\Delta T_0 = 20^\circ\text{C}$ per strutture di c.a., c.a.p. e acciaio/ds | Installazione senza alcuna prerogolazione per effetti termici.  |
| $\Delta T_0 = 30^\circ\text{C}$ per strutture di acciaio                   |   |

**Figura 26 – Valori di  $\Delta T_0$  in funzione della tipologia di struttura e del tipo di installazione**

Si assume, a favore di sicurezza, che durante l'installazione non vi sia alcuna misurazione della temperatura. Si ha dunque  $\Delta T_0 = 20^\circ\text{C}$ .

Si riporta di seguito il calcolo:

| Dati di base  |      |       |  |
|---|------|-------|--|
| $a_s$   | [m]  | 220   | Altitudine sul livello del mare                                      |
| zona  | [-]  | III   | Zona di pertinenza   |
| Temperatura minima e massima dell'aria esterna (§3.5.2 NTC2018)     |      |       |  |
| $T_{min}$   | [°C] | -9.5  | Temperatura minima dell'aria esterna                                 |
| $T_{max}$   | [°C] | 41.9  | Temperatura massima dell'aria esterna                                |
| Temperatura minima e massima del ponte (UNI EN 1991-1-5 capitolo 6) |      |       |  |
| $T_{e,min}$   | [°C] | -5.5  | Temperatura minima uniforme del ponte                                |
| $T_{e,max}$   | [°C] | 45.9  | Temperatura massima uniforme del ponte                               |
| Calcolo delle variazioni termiche uniformi                          |      |       |  |
| $T_0$   | [°C] | 15    | Temperatura iniziale all'atto della regolazione                      |
| $\Delta T_0$  | [°C] | 20    | Funzione di tipologia strutturale e accuratezza misurazioni          |
| $\Delta T_{N,con}$  | [°C] | -20.5 | <b>Variazione termica di contrazione</b>                             |
| $\Delta T_{N,exp}$  | [°C] | 30.9  | <b>Variazione termica di espansione</b>                              |
| $\Delta T_{N,con}$  | [°C] | -40.5 | <b>Variazione termica di contrazione per valutazione spostamenti</b> |
| $\Delta T_{N,exp}$  | [°C] | 50.9  | <b>Variazione termica di espansione per valutazione spostamenti</b>  |

**Tabella 34 – Variazione termica uniforme di progetto per le verifiche in deformabilità**

#### 4.11.2 Variazione termica differenziale

La differenza di temperatura verticale dell'impalcato, dovuta alle fasi di riscaldamento e raffreddamento della struttura, è stata presa in conto facendo riferimento ai due approcci indicati nel 6.1.4 delle UNI EN 1991-1-5.

L'eurocodice richiede esplicitamente di utilizzare uno dei due approcci indicati di seguito. A favore di sicurezza, si è ritenuto comunque opportuno considerare come effetto della variazione termica differenziale la situazione più gravosa, caso per caso, tra quelle risultanti dall'applicazione dell'approccio 1 e dell'approccio 2.

Di seguito si descrivono i due approcci.

## Approccio 1: variazione termica verticale con andamento lineare

Nella tabella seguente si riportano i valori di variazione termica lineare da assumere:

| Tipo di impalcato   | Parte superiore più calda della parte inferiore | Parte inferiore più calda della parte superiore |
|---|---|---|
|   | $\Delta T_{M,heat}$ (°C)                        | $\Delta T_{M,cool}$ (°C)                        |
| Tipo 1:<br>Impalcato di acciaio   | 18  | 13  |
| Tipo 2:<br>Impalcato a struttura composta   | 15  | 18  |
| Tipo 3:<br>Impalcato di calcestruzzo:<br>- trave scatolare di calcestruzzo<br>- trave di calcestruzzo<br>- piastra di calcestruzzo  | 10<br>15<br>15                                  | 5<br>8<br>8                                     |
| Nota 1 I valori forniti nel prospetto rappresentano i limiti superiori dei valori della componente di differenza di temperatura variabile linearmente per campioni rappresentativi della geometria del ponte.   |   |   |
| Nota 2 I valori forniti nel prospetto sono basati su una profondità di rivestimento di 50 mm per ponti stradali e ferroviari. Si raccomanda che, per altre profondità di rivestimento, questi valori siano moltiplicati per un fattore $k_{sur}$ . I valori raccomandati per il fattore $k_{sur}$ sono forniti nel prospetto 6.2. |   |   |

**Tabella 35 – Valori della componente di temperatura lineare**

Poiché l'impalcato è di Tipo 2, si assume:

$$\Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}\text{C} \quad (\text{superficie superiore più calda})$$

$$\Delta T_{M,cool} = 18^{\circ}\text{C} \quad (\text{superficie superiore più fredda})$$

Per tener conto dello spessore della superficie di rivestimento, i valori precedentemente indicati devono essere moltiplicati per i coefficienti  $k_{sur}$ .

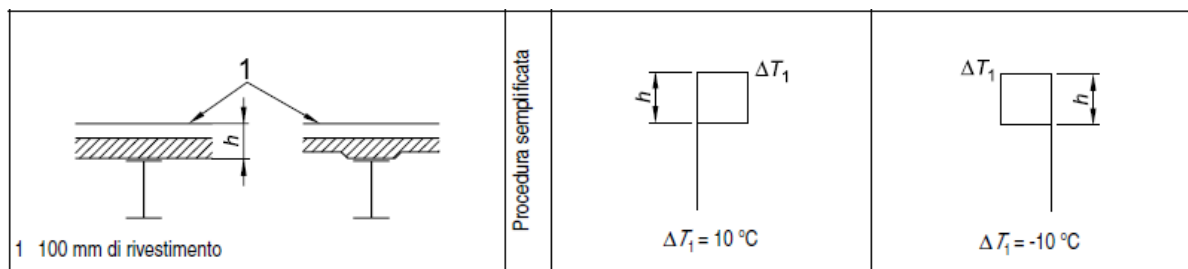
| Ponti stradali, pedonali e ferroviari   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Spessore della superficie   | Tipo 1  |   | Tipo 2  |   | Tipo 3  |   |
|   | Parte superiore più calda della parte inferiore | Parte inferiore più calda della parte superiore | Parte superiore più calda della parte inferiore | Parte inferiore più calda della parte superiore | Parte superiore più calda della parte inferiore | Parte inferiore più calda della parte superiore |
| [mm]  | $k_{sur}$                                       | $k_{sur}$                                       | $k_{sur}$                                       | $k_{sur}$                                       | $k_{sur}$                                       | $k_{sur}$                                       |
| Non rivestito   | 0,7   | 0,9   | 0,9   | 1,0   | 0,8   | 1,1   |
| Impermeabilizzato <sup>1)</sup>   | 1,6   | 0,6   | 1,1   | 0,9   | 1,5   | 1,0   |
| 50  | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| 100   | 0,7   | 1,2   | 1,0   | 1,0   | 0,7   | 1,0   |
| 150   | 0,7   | 1,2   | 1,0   | 1,0   | 0,5   | 1,0   |
| Massicciata (ballast)<br>(750 mm)   | 0,6   | 1,4   | 0,8   | 1,2   | 0,6   | 1,0   |
| 1) Questi valori rappresentano i valori di limite superiore per colori scuri. |   |   |   |   |   |   |

**Tabella 36 – Valori per tener conto dello spessore del rivestimento**

Nel caso in esame lo spessore del manto stradale è tale per cui  $k_{sur}=1$ .

### Approccio 2: gradiente termico trave-soletta

nelle UNI EN, in alternativa all'approccio 1, viene richiesto di considerare un gradiente termico trave-soletta di  $\pm 10^\circ\text{C}$ , come indicato nella figura seguente.



**Figura 27 – Gradiente termico trave-soletta**

Tale gradiente di  $\pm 10^\circ\text{C}$  tiene già implicitamente in conto anche dell'effetto della variazione lineare. Per tale motivo, per il solo calcolo delle azioni concentrate sui pioli in prossimità delle zone estremali dell'impalcato, si è assunto un gradiente termico trave-soletta pari a  $5^\circ\text{C}$ .

#### 4.12 URTO DI VEICOLO IN SVIO (Q8)

In accordo con quanto indicato al §5.1.3.10 delle NTC2018, si è tenuto conto della forza agente sugli elementi di sicurezza causata da collisioni accidentali.

Tale azione è stata considerata ai soli fini delle verifiche locali dell'impalcato ed è stata associata allo *schema di carico n°2* definito al paragrafo 4.5.

L'azione combinata dello schema di carico n°2 e dell'urto sul sicurvita determina una combinazione eccezionale SLU (si veda capitolo 5). I coefficienti di sicurezza  $\gamma$  devono essere posti pari a uno.

L'urto è stato schematizzato attraverso quattro forze orizzontali in corrispondenza dei montanti della barriera, la cui interdistanza è stabilita in 1.25 m; le quattro forze applicate ai paletti sono pari a 100kN.

Tutte le forze agiscono trasversalmente ad un'altezza di 1.00 m dal piano viabile e sono dirette verso l'esterno dell'impalcato.

Si è assunta una piastra del montante del sicurvia di dimensioni pari a 20x20 cm.

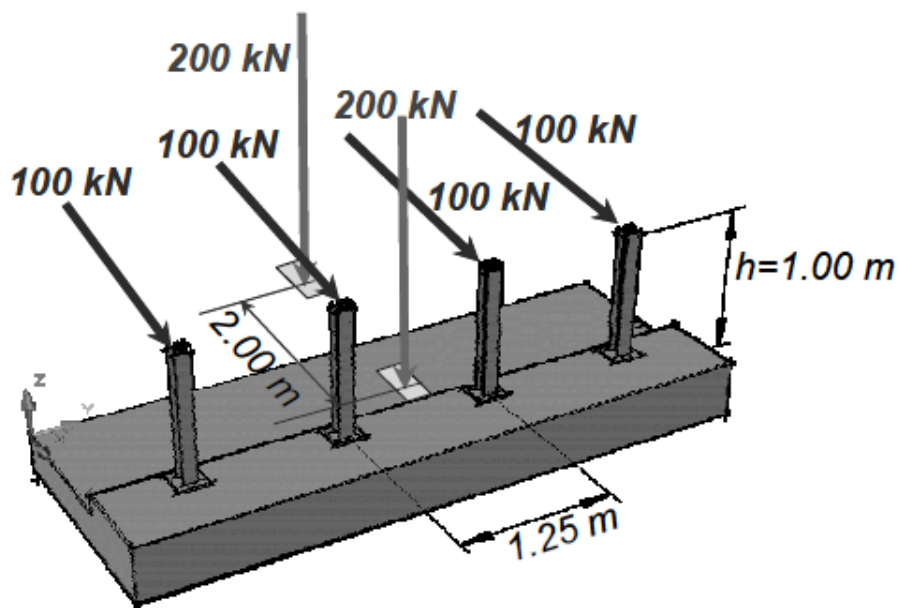


Figura 28 – Sistema di forza equivalenti all'azione di urto di sicurvia



#### 4.13 AZIONE SISMICA (E)

La valutazione dell'azione sismica è stata eseguita in conformità a quanto indicato nelle NTC2018.

##### 4.13.1 Vita Nominale

La vita nominale di un'opera è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale è stata assunta pari a:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

##### 4.13.2 Classe d'uso e coefficiente d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso (§2.4.2 NTC2018).

In accordo con quanto indicato al §2.4.3 delle NTC2018, a partire dalla classe d'uso, è possibile ricavare il coefficiente d'uso.

| CLASSE D'USO       | I   | II  | III | IV  |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE $C_U$ | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

**Tabella 37 – Valori del coefficiente d'uso in funzione della classe d'uso**

Per l'opera in progetto il coefficiente d'uso è stato assunto pari a:

$$C_U = 2.0$$

#### 4.13.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ .

$$\underline{V_R = V_N \cdot C_U = 100 \text{ anni}}$$

Le probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, sono pari al 5% nel caso dello stato limite di collasso (SLC), al 10% nel caso dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), al 63 % nel caso dello stato limite di danno (SLD) e all'81% nel caso dello stato limite di operatività (SLO).

In definitiva, ad ogni stato limite può essere associata un'azione sismica di periodo di ritorno pari a:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

#### 4.13.4 Parametri per la definizione degli spettri

Si riportano di seguito le coordinate del sito di progetto e i parametri per la definizione degli spettri di risposta.

$$\text{Longitudine } [^\circ] = 13.479000 \quad ; \quad \text{Latitudine } [^\circ] = 43.074000$$

I parametri per la definizione degli spettri di risposta sono indicati nella tabella seguente:

| STATO LIMITE | $T_R$ [anni] | $a_g$ [g] | $F_0$ [-] | $T_c^*$ [-] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| SLO          | 60           | 0.076     | 2.451     | 0.295       |
| SLD          | 101          | 0.095     | 2.437     | 0.315       |
| SLV          | 949          | 0.225     | 2.483     | 0.345       |
| SLC          | 1950         | 0.286     | 2.520     | 0.352       |

**Tabella 38 – Parametri per la definizione degli spettri di risposta**

#### 4.13.5 Categoria di sottosuolo

Per tener conto della tipologia di sottosuolo nella definizione dell'azione sismica, si può far riferimento all'approccio semplificato basato sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento (tab 3.2. II NTC2018):

| Categoria | Descrizione   |
|-----------|---|
| <b>A</b>  | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>   |
| <b>B</b>  | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>            |
| <b>C</b>  | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| <b>D</b>  | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>                       |
| <b>E</b>  | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>  |

**Tabella 39 - Categorie di sottosuolo secondo NTC2018**

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s).

In base alle indagini geologico-geotecniche effettuate, i terreni di fondazione interessati dalle opere oggetto di questa relazione possono essere classificati come **categoria "B"**.

#### 4.13.6 Condizioni topografiche

Per le condizioni topografiche si fa riferimento alla seguente classificazione (tab 3.2.IV NTC2018):

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

**Tabella 40 - Categorie topografiche NTC2018**

La morfologia del territorio in cui ricade l'opera, è tale per cui si possa considerare una categoria topografica "T1".

#### 4.13.7 Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima "a<sub>g</sub>" su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di "a<sub>g</sub>" variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P<sub>VR</sub>.

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T \leq T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T \leq T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T \leq T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T} \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

dove:

- T e S<sub>e</sub> sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale orizzontale;

- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:  $S = S_S \times S_T$ ;  $S_S$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica ed  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica riportati nelle tabelle seguenti:

| Categoria sottosuolo | $S_S$   | $C_C$                        |
|----------------------|---|------------------------------|
| A                    | 1,00  | 1,00                         |
| B                    | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C                    | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D                    | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E                    | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

**Tabella 41 - Espressioni di  $S_S$  e  $C_S$  (NTC2018)**

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento    | $S_T$ |
|-----------------------|--|-------|
| T1                    | -  | 1,0   |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2   |
| T3                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2   |
| T4                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4   |

**Tabella 42 - Espressioni di  $S_T$  (NTC2018)**

- $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

- $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione:  $T_C = C_C \cdot T_C^*$ , dove  $C_C$  è il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ed è pari a  $T_B = T_C/3$ ;
- $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:  $T_D = 4.0 a_g/g + 1.6$ ;
- $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  sono i parametri già definiti al §4.13.4. In particolare,  $F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2.

I valori di  $S_s$ ,  $C_c$  e  $S_T$  e i valori dei periodi  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  sono riportati al paragrafo seguente.

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali  $T$  e  $S_{ve}$  sono rispettivamente il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale verticale, mentre  $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in funzione dell'accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono quelli già definiti per le componenti orizzontali; i valori di  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , sono invece quelli riportati nella tabella seguente:

| Categoria di sottosuolo | $S_s$ | $T_B$  | $T_C$  | $T_D$ |
|-------------------------|-------|--------|--------|-------|
| A, B, C, D, E           | 1,0   | 0,05 s | 0,15 s | 1,0 s |

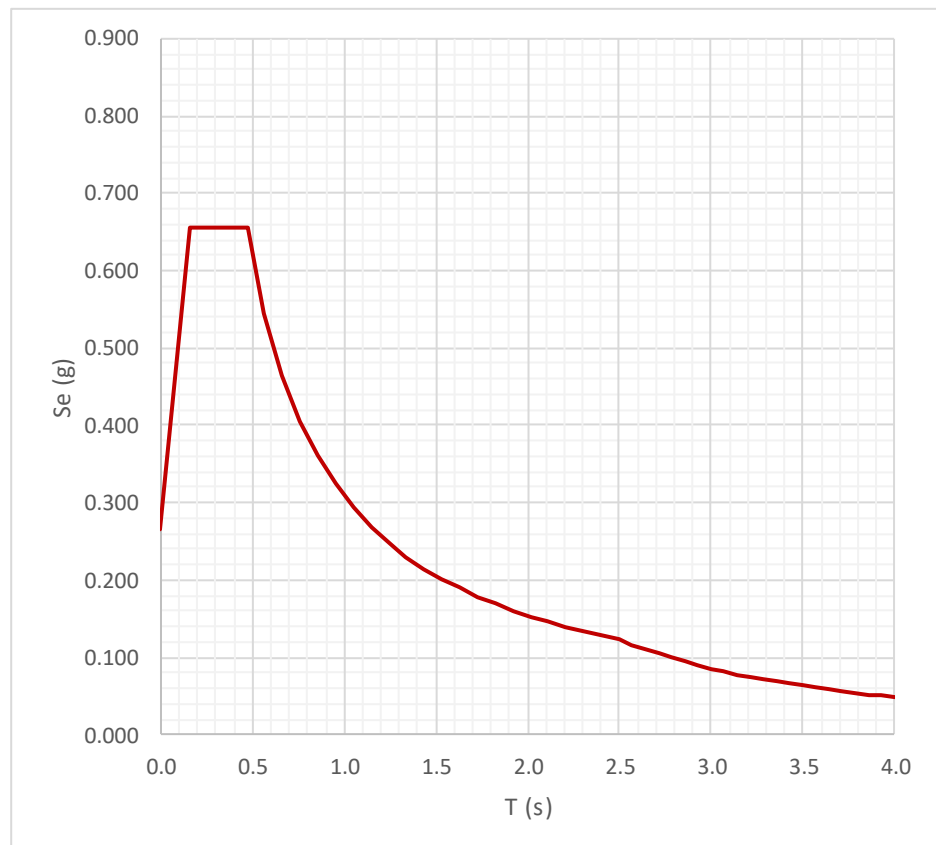
**Tabella 43 – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale (NTC2018)**

Si riportano di seguito gli spettri elastici in accelerazione per gli stati limite SLV e SLC ed i relativi parametri.

**SPETTRO ELASTICO SLV IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE**

| T<br>[s] | S <sub>e</sub><br>[g] |
|----------|-----------------------|
| 0.000    | 0.264                 |
| 0.157    | 0.657                 |
| 0.470    | 0.657                 |
| 0.567    | 0.545                 |
| 0.663    | 0.465                 |
| 0.760    | 0.406                 |
| 0.856    | 0.360                 |
| 0.953    | 0.324                 |
| 1.050    | 0.294                 |
| 1.146    | 0.269                 |
| 1.243    | 0.248                 |
| 1.339    | 0.230                 |
| 1.436    | 0.215                 |
| 1.533    | 0.201                 |
| 1.629    | 0.189                 |
| 1.726    | 0.179                 |
| 1.823    | 0.169                 |
| 1.919    | 0.161                 |
| 2.016    | 0.153                 |
| 2.112    | 0.146                 |
| 2.209    | 0.140                 |
| 2.306    | 0.134                 |
| 2.402    | 0.128                 |
| 2.499    | 0.124                 |
| 2.570    | 0.117                 |
| 2.642    | 0.110                 |
| 2.713    | 0.105                 |
| 2.785    | 0.099                 |
| 2.856    | 0.095                 |
| 2.928    | 0.090                 |
| 2.999    | 0.086                 |
| 3.071    | 0.082                 |
| 3.142    | 0.078                 |
| 3.214    | 0.075                 |
| 3.285    | 0.071                 |
| 3.357    | 0.068                 |
| 3.428    | 0.066                 |
| 3.500    | 0.063                 |
| 3.571    | 0.060                 |
| 3.643    | 0.058                 |
| 3.714    | 0.056                 |
| 3.786    | 0.054                 |
| 3.857    | 0.052                 |
| 3.929    | 0.050                 |
| 4.000    | 0.048                 |

| Parametri indipendenti |     |       |
|------------------------|-----|-------|
| a <sub>g</sub>         | [g] | 0.225 |
| F <sub>0</sub>         | [-] | 2.483 |
| T <sub>C</sub> *       | [s] | 0.345 |
| S <sub>s</sub>         | [-] | 1.177 |
| C <sub>C</sub>         | [-] | 1.361 |
| S <sub>T</sub>         | [-] | 1.000 |
| q                      | [-] | 1.000 |
| Parametri dipendenti   |     |       |
| S                      | [-] | 1.177 |
| η                      | [-] | 1.000 |
| T <sub>B</sub>         | [s] | 0.157 |
| T <sub>C</sub>         | [s] | 0.470 |
| T <sub>D</sub>         | [s] | 2.499 |



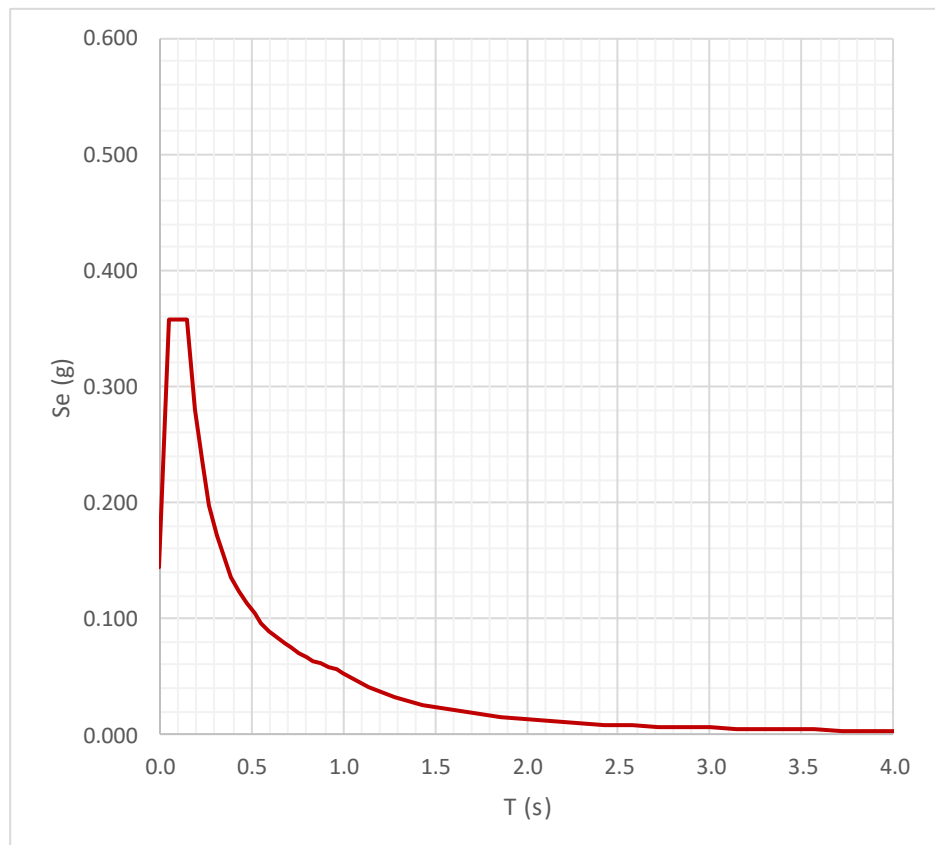
**Figura 29 – Spettro SLV elastico della componente orizzontale**



**SPETTRO ELASTICO SLV IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE VERTICALE**

| T<br>[s] | S <sub>ve</sub><br>[g] |
|----------|------------------------|
| 0.000    | 0.144                  |
| 0.050    | 0.357                  |
| 0.150    | 0.357                  |
| 0.190    | 0.281                  |
| 0.231    | 0.232                  |
| 0.271    | 0.197                  |
| 0.312    | 0.172                  |
| 0.352    | 0.152                  |
| 0.393    | 0.136                  |
| 0.433    | 0.124                  |
| 0.474    | 0.113                  |
| 0.514    | 0.104                  |
| 0.555    | 0.097                  |
| 0.595    | 0.090                  |
| 0.636    | 0.084                  |
| 0.676    | 0.079                  |
| 0.717    | 0.075                  |
| 0.757    | 0.071                  |
| 0.798    | 0.067                  |
| 0.838    | 0.064                  |
| 0.879    | 0.061                  |
| 0.919    | 0.058                  |
| 0.960    | 0.056                  |
| 1.000    | 0.054                  |
| 1.143    | 0.041                  |
| 1.286    | 0.032                  |
| 1.429    | 0.026                  |
| 1.571    | 0.022                  |
| 1.714    | 0.018                  |
| 1.857    | 0.016                  |
| 2.000    | 0.013                  |
| 2.143    | 0.012                  |
| 2.286    | 0.010                  |
| 2.429    | 0.009                  |
| 2.571    | 0.008                  |
| 2.714    | 0.007                  |
| 2.857    | 0.007                  |
| 3.000    | 0.006                  |
| 3.143    | 0.005                  |
| 3.286    | 0.005                  |
| 3.429    | 0.005                  |
| 3.571    | 0.004                  |
| 3.714    | 0.004                  |
| 3.857    | 0.004                  |
| 4.000    | 0.003                  |

| Parametri indipendenti |       |       |
|------------------------|-------|-------|
| a <sub>gv</sub>        | [g]   | 0.144 |
| S <sub>S</sub>         | [ - ] | 1.000 |
| S <sub>T</sub>         | [s]   | 1.000 |
| q                      | [ - ] | 1.000 |
| T <sub>B</sub>         | [s]   | 0.050 |
| T <sub>C</sub>         | [s]   | 0.150 |
| T <sub>D</sub>         | [s]   | 1.000 |
| Parametri dipendenti   |       |       |
| F <sub>v</sub>         | [ - ] | 1.589 |
| S                      | [ - ] | 1.000 |
| η                      | [ - ] | 1.000 |

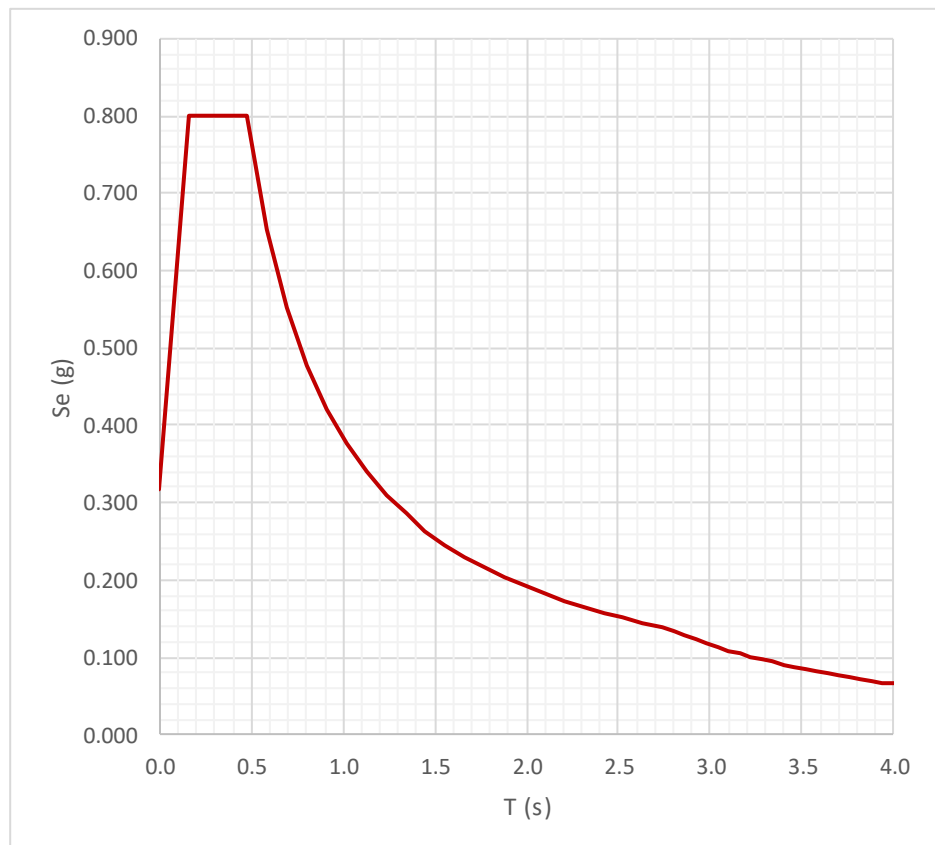


**Figura 30 – Spettro SLV elastico della componente verticale**

**SPETTRO ELASTICO SLC IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE**

| T<br>[s] | S <sub>e</sub><br>[g] |
|----------|-----------------------|
| 0.000    | 0.318                 |
| 0.159    | 0.800                 |
| 0.478    | 0.800                 |
| 0.585    | 0.653                 |
| 0.693    | 0.551                 |
| 0.801    | 0.477                 |
| 0.909    | 0.421                 |
| 1.017    | 0.376                 |
| 1.125    | 0.340                 |
| 1.233    | 0.310                 |
| 1.340    | 0.285                 |
| 1.448    | 0.264                 |
| 1.556    | 0.246                 |
| 1.664    | 0.230                 |
| 1.772    | 0.216                 |
| 1.880    | 0.203                 |
| 1.988    | 0.192                 |
| 2.095    | 0.182                 |
| 2.203    | 0.173                 |
| 2.311    | 0.165                 |
| 2.419    | 0.158                 |
| 2.527    | 0.151                 |
| 2.635    | 0.145                 |
| 2.743    | 0.139                 |
| 2.802    | 0.133                 |
| 2.862    | 0.128                 |
| 2.922    | 0.123                 |
| 2.982    | 0.118                 |
| 3.042    | 0.113                 |
| 3.102    | 0.109                 |
| 3.162    | 0.105                 |
| 3.222    | 0.101                 |
| 3.281    | 0.097                 |
| 3.341    | 0.094                 |
| 3.401    | 0.091                 |
| 3.461    | 0.088                 |
| 3.521    | 0.085                 |
| 3.581    | 0.082                 |
| 3.641    | 0.079                 |
| 3.701    | 0.077                 |
| 3.760    | 0.074                 |
| 3.820    | 0.072                 |
| 3.880    | 0.070                 |
| 3.940    | 0.068                 |
| 4.000    | 0.066                 |

| Parametri indipendenti |     |       |
|------------------------|-----|-------|
| a <sub>g</sub>         | [g] | 0.286 |
| F <sub>0</sub>         | [-] | 2.520 |
| T <sub>C</sub> *       | [s] | 0.352 |
| S <sub>s</sub>         | [-] | 1.112 |
| C <sub>C</sub>         | [-] | 1.355 |
| S <sub>T</sub>         | [-] | 1.000 |
| q                      | [-] | 1.000 |
| Parametri dipendenti   |     |       |
| S                      | [-] | 1.112 |
| η                      | [-] | 1.000 |
| T <sub>B</sub>         | [s] | 0.159 |
| T <sub>C</sub>         | [s] | 0.478 |
| T <sub>D</sub>         | [s] | 2.743 |

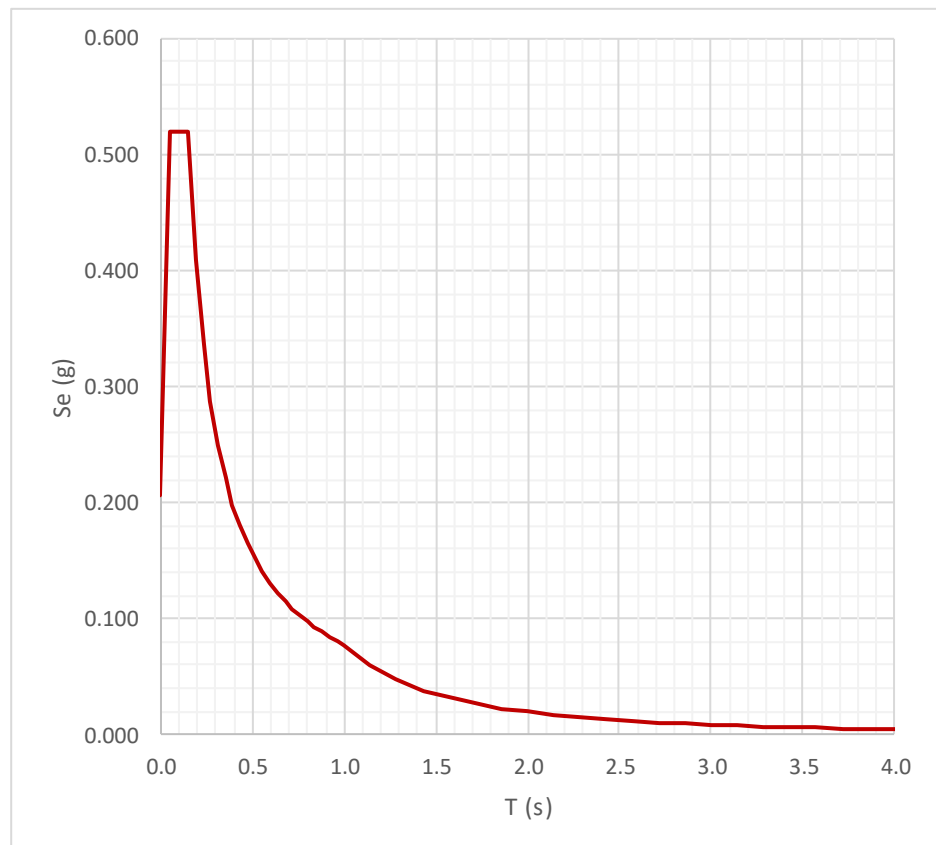


**Figura 31 – Spettro SLC elastico della componente orizzontale**

**SPETTRO ELASTICO SLC IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE VERTICALE**

| T<br>[s] | S <sub>ve</sub><br>[g] |
|----------|------------------------|
| 0.000    | 0.206                  |
| 0.050    | 0.519                  |
| 0.150    | 0.519                  |
| 0.190    | 0.409                  |
| 0.231    | 0.337                  |
| 0.271    | 0.287                  |
| 0.312    | 0.250                  |
| 0.352    | 0.221                  |
| 0.393    | 0.198                  |
| 0.433    | 0.180                  |
| 0.474    | 0.164                  |
| 0.514    | 0.151                  |
| 0.555    | 0.140                  |
| 0.595    | 0.131                  |
| 0.636    | 0.123                  |
| 0.676    | 0.115                  |
| 0.717    | 0.109                  |
| 0.757    | 0.103                  |
| 0.798    | 0.098                  |
| 0.838    | 0.093                  |
| 0.879    | 0.089                  |
| 0.919    | 0.085                  |
| 0.960    | 0.081                  |
| 1.000    | 0.078                  |
| 1.143    | 0.060                  |
| 1.286    | 0.047                  |
| 1.429    | 0.038                  |
| 1.571    | 0.032                  |
| 1.714    | 0.027                  |
| 1.857    | 0.023                  |
| 2.000    | 0.019                  |
| 2.143    | 0.017                  |
| 2.286    | 0.015                  |
| 2.429    | 0.013                  |
| 2.571    | 0.012                  |
| 2.714    | 0.011                  |
| 2.857    | 0.010                  |
| 3.000    | 0.009                  |
| 3.143    | 0.008                  |
| 3.286    | 0.007                  |
| 3.429    | 0.007                  |
| 3.571    | 0.006                  |
| 3.714    | 0.006                  |
| 3.857    | 0.005                  |
| 4.000    | 0.005                  |

| Parametri indipendenti |     |       |
|------------------------|-----|-------|
| a <sub>gv</sub>        | [g] | 0.206 |
| S <sub>s</sub>         | [-] | 1.000 |
| S <sub>T</sub>         | [s] | 1.000 |
| q                      | [-] | 1.000 |
| T <sub>B</sub>         | [s] | 0.050 |
| T <sub>C</sub>         | [s] | 0.150 |
| T <sub>D</sub>         | [s] | 1.000 |
| Parametri dipendenti   |     |       |
| F <sub>v</sub>         | [-] | 1.818 |
| S                      | [-] | 1.000 |
| η                      | [-] | 1.000 |



**Figura 32 – Spettro SLC elastico della componente verticale**

#### 4.13.8 Spettri di progetto in accelerazione

Gli spettri di risposta di progetto sono definiti a partire dagli spettri elastici, sostituendo al valore di "η", il valore del fattore di struttura "q".

In accordo con quanto indicato al § 7.10.6.2.1 delle NTC2018, poiché l'impalcato è isolato, la domanda sugli elementi della sovrastruttura e della sottostruttura è stata valutata considerando un fattore di struttura q=1 (comportamento non dissipativo).

In accordo con quanto indicato al §7.10.5.3.2 delle NTC2018, la componente orizzontale dello spettro elastico è stata comunque ridotta per tutto il campo di periodi  $T > 0.8 T_{ISO}$ , assumendo per il coefficiente riduttivo η il valore corrispondente ad un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi_{esi}$ , il quale è legato alle proprietà dissipative del sistema di isolamento.

Si è assunto un valore dello smorzamento viscoso equivalente pari a  $\xi_{esi} = 12\%$ , a cui corrisponde:

$$\eta = \sqrt{(10 / (5 + \xi_{esi}))} = 0.767$$

Il valore del periodo isolato  $T_{ISO}$  è stato assunto come il minore tra i periodi dei primi due modi principali traslazionali associati alle masse dell'impalcato.

Nel valutare tale periodo si è fatto riferimento al modello di calcolo caratterizzato da sistema di isolamento modellato assumendo le proprietà nominali dello stesso. La zona "abbattuta" dello spettro è comunque tale da comprendere anche i periodi isolati ottenuti dalle analisi eseguite assumendo le proprietà di progetto "Lower Bound" e "Upper Bound".

Per maggiori indicazioni sulla modellazione del sistema di isolamento si rimanda al § 6.2.5.

Per i modi di vibrare della struttura si rimanda al §6.3.1.

Si riportano di seguito gli spettri di progetto in accelerazione della componente orizzontale.

Gli spettri di progetto della componente verticale coincidono con gli spettri elastici.

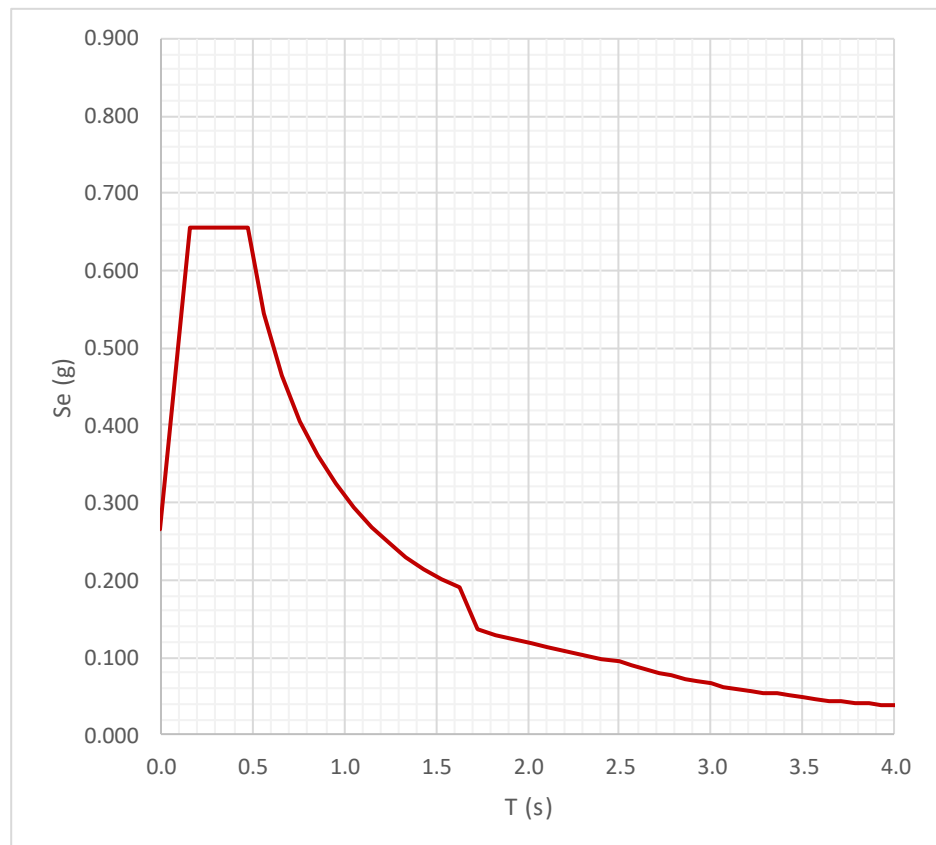
**SPETTRO DI PROGETTO SLV IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE**

| T<br>[s] | S <sub>e</sub><br>[g] |
|----------|-----------------------|
| 0.000    | 0.264                 |
| 0.157    | 0.657                 |
| 0.470    | 0.657                 |
| 0.567    | 0.545                 |
| 0.663    | 0.465                 |
| 0.760    | 0.406                 |
| 0.856    | 0.360                 |
| 0.953    | 0.324                 |
| 1.050    | 0.294                 |
| 1.146    | 0.269                 |
| 1.243    | 0.248                 |
| 1.339    | 0.230                 |
| 1.436    | 0.215                 |
| 1.533    | 0.201                 |
| 1.629    | 0.189                 |
| 1.726    | 0.137                 |
| 1.823    | 0.130                 |
| 1.919    | 0.123                 |
| 2.016    | 0.117                 |
| 2.112    | 0.112                 |
| 2.209    | 0.107                 |
| 2.306    | 0.103                 |
| 2.402    | 0.099                 |
| 2.499    | 0.095                 |
| 2.570    | 0.090                 |
| 2.642    | 0.085                 |
| 2.713    | 0.080                 |
| 2.785    | 0.076                 |
| 2.856    | 0.072                 |
| 2.928    | 0.069                 |
| 2.999    | 0.066                 |
| 3.071    | 0.063                 |
| 3.142    | 0.060                 |
| 3.214    | 0.057                 |
| 3.285    | 0.055                 |
| 3.357    | 0.052                 |
| 3.428    | 0.050                 |
| 3.500    | 0.048                 |
| 3.571    | 0.046                 |
| 3.643    | 0.045                 |
| 3.714    | 0.043                 |
| 3.786    | 0.041                 |
| 3.857    | 0.040                 |
| 3.929    | 0.038                 |
| 4.000    | 0.037                 |

| Parametri indipendenti |     |       |
|------------------------|-----|-------|
| a <sub>g</sub>         | [g] | 0.225 |
| F <sub>0</sub>         | [-] | 2.483 |
| T <sub>C</sub> *       | [s] | 0.345 |
| S <sub>s</sub>         | [-] | 1.177 |
| C <sub>C</sub>         | [-] | 1.361 |
| S <sub>T</sub>         | [-] | 1.000 |
| q                      | [-] | 1.000 |

| Parametri dipendenti |     |       |
|----------------------|-----|-------|
| S                    | [-] | 1.177 |
| η                    | [-] | 1.000 |
| T <sub>B</sub>       | [s] | 0.157 |
| T <sub>C</sub>       | [s] | 0.470 |
| T <sub>D</sub>       | [s] | 2.499 |

| Struttura isolata |     |              |
|-------------------|-----|--------------|
| T <sub>ISO</sub>  | [s] | <b>2.10</b>  |
| ξ <sub>ISO</sub>  | [%] | <b>12.00</b> |



**Figura 33 – Spettro SLV di progetto della componente orizzontale**

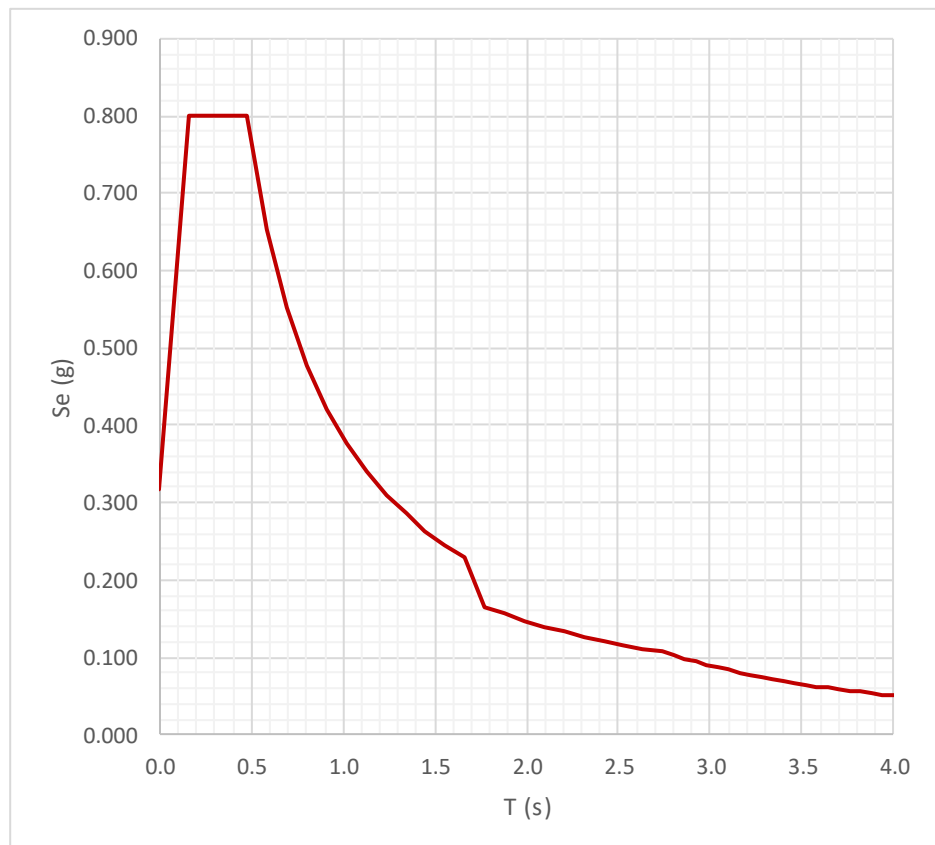
**SPETTRO DI PROGETTO SLC IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE**

| T [s] | S <sub>e</sub> [g] |
|-------|--------------------|
| 0.000 | 0.318              |
| 0.159 | 0.800              |
| 0.478 | 0.800              |
| 0.585 | 0.653              |
| 0.693 | 0.551              |
| 0.801 | 0.477              |
| 0.909 | 0.421              |
| 1.017 | 0.376              |
| 1.125 | 0.340              |
| 1.233 | 0.310              |
| 1.340 | 0.285              |
| 1.448 | 0.264              |
| 1.556 | 0.246              |
| 1.664 | 0.230              |
| 1.772 | 0.165              |
| 1.880 | 0.156              |
| 1.988 | 0.147              |
| 2.095 | 0.140              |
| 2.203 | 0.133              |
| 2.311 | 0.127              |
| 2.419 | 0.121              |
| 2.527 | 0.116              |
| 2.635 | 0.111              |
| 2.743 | 0.107              |
| 2.802 | 0.102              |
| 2.862 | 0.098              |
| 2.922 | 0.094              |
| 2.982 | 0.090              |
| 3.042 | 0.087              |
| 3.102 | 0.084              |
| 3.162 | 0.080              |
| 3.222 | 0.077              |
| 3.281 | 0.075              |
| 3.341 | 0.072              |
| 3.401 | 0.070              |
| 3.461 | 0.067              |
| 3.521 | 0.065              |
| 3.581 | 0.063              |
| 3.641 | 0.061              |
| 3.701 | 0.059              |
| 3.760 | 0.057              |
| 3.820 | 0.055              |
| 3.880 | 0.053              |
| 3.940 | 0.052              |
| 4.000 | 0.050              |

| Parametri indipendenti |     |       |
|------------------------|-----|-------|
| a <sub>g</sub>         | [g] | 0.286 |
| F <sub>0</sub>         | [-] | 2.520 |
| T <sub>C</sub> *       | [s] | 0.352 |
| S <sub>s</sub>         | [-] | 1.112 |
| C <sub>C</sub>         | [-] | 1.355 |
| S <sub>T</sub>         | [-] | 1.000 |
| q                      | [-] | 1.000 |

| Parametri dipendenti |     |       |
|----------------------|-----|-------|
| S                    | [-] | 1.112 |
| η                    | [-] | 1.000 |
| T <sub>B</sub>       | [s] | 0.159 |
| T <sub>C</sub>       | [s] | 0.478 |
| T <sub>D</sub>       | [s] | 2.743 |

| Struttura isolata |     |       |
|-------------------|-----|-------|
| T <sub>ISO</sub>  | [s] | 2.10  |
| ξ <sub>ISO</sub>  | [%] | 12.00 |



**Figura 34 – Spettro SLC di progetto della componente orizzontale**

#### 4.13.9 Direzioni di applicazione dell'azione sismica

Secondo quanto indicato al §3.2.3.1 delle NTC2018, l'azione sismica è caratterizzata da tre componenti traslazionali: due orizzontali, indicate con le lettere X e Y, e una verticale, indicata con la lettera Z. Queste tre componenti sono da considerarsi tra loro indipendenti. Per le direzioni X e Y si fa riferimento alla componente orizzontale dello spettro. Per la direzione Z si fa invece riferimento alla componente verticale.

Le direzioni X e Y dell'azione sismica sono state assunte, convenzionalmente, coincidenti rispettivamente con le direzioni parallela e ortogonale alla parte di tracciato in rettilineo (tratto P5-P9).

#### 4.13.10 Variabilità spaziale del moto

Le NTC2018, al §3.2.4, riportano:

*"Nei punti di contatto con il terreno di opere con sviluppo longitudinale significativo, il moto sismico può avere caratteristiche differenti, a causa del carattere asincrono del fenomeno di propagazione, delle disomogeneità e discontinuità eventualmente presenti, e della diversa risposta locale del terreno.*

*Degli effetti sopra indicati dovrà tenersi conto quando tali effetti possono essere significativi e in ogni caso quando le condizioni di sottosuolo siano così variabili lungo lo sviluppo dell'opera da richiedere l'uso di accelerogrammi o di spettri di risposta diversi. "*

La valutazione degli effetti dovuti alla variabilità spaziale del moto è stata condotta con riferimento a quanto esposto al §3.3 delle UNI EN 1998-2:2009, dove viene indicata una procedura direttamente applicabile ai ponti a travata continua.

Secondo quanto indicato nella suddetta norma, gli effetti della variabilità spaziale del moto devono essere considerati se si verificano una o entrambe le condizioni di seguito riportate:

- le proprietà del terreno hanno una variabilità tale per cui il sottosuolo è classificato con due o più categorie di sottosuolo;
- per viadotti continui, la lunghezza dell'impalcato è maggiore di  $L_{lim}$ .

Il valore di  $L_{lim}$  è calcolato come:

$$L_{lim} = L_g / 1.5$$

dove  $L_g$  viene ricavato dalla tabella seguente, fornita anch'essa nella UNI EN 1998-2:

| Ground Type | A   | B   | C   | D   | E   |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $L_g$ (m)   | 600 | 500 | 400 | 300 | 500 |

**Tabella 44 – Distanza oltre il quale il moto può considerarsi indipendente (UNI EN 1998-2)**

La lunghezza complessiva dell'opera in oggetto è circa pari a **555m**, dunque, è opportuno prendere in considerazione gli effetti della variabilità spaziale del moto sismico.

Si riporta di seguito la valutazione degli spostamenti differenziali nel terreno per azione sismica SLV e azione sismica SLC.

Per maggiori indicazioni sull'entità degli spostamenti applicati in fase di calcolo si rimanda al §6.2.4.



| Valutazione della variabilità spaziale del moto per SLV (§3.2.4 NTC2018) |       |         |   |
|--|-------|---------|---|
| $L_{tot}$  | [m]   | 555.0   | Lunghezza complessiva dell'impalcato continuo   |
| $L_g$  | [m]   | 500     | Distanza oltre cui il moto di due punti può ritenersi indipendente (da UNI EN 1998-2)                               |
| $L_{lim}$  | [m]   | 333.3   | Lunghezza limite oltre il quale considerare la variabilità spaziale del moto anche in presenza di terreno omogeneo  |
| $a_g$  | [g]   | 0.225   | Accelerazione orizzontale massima al sito (SLV)   |
| S  | [-]   | 1.177   | Coefficiente che tiene conto della categoria del sottosuolo e della topografia (spettro SLV)                        |
| $T_C$  | [s]   | 0.470   | Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante (spettro SLV)                                      |
| $T_D$  | [s]   | 2.499   | Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante (spettro SLV)                                   |
| $d_g$  | [m]   | 0.076   | Spostamento orizzontale massimo del terreno SLV $d_g = 0.025 a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$ (§3.2.3.3 NTC2018)    |
| Procedura secondo NTC (§3.2.4.2)   |       |         |   |
| $d_{ijmax}$  | [m]   | 0.135   | Spostamento relativo tra due punti il cui moto possa considerarsi indipendente                                      |
| $d_{ij0}$  | [m]   | 0.000   | Spostamento relativo tra due punti distanti meno di 20m, diverso da zero se caratterizzati da differente sottosuolo |
| $v_s$  | [m/s] | 360.000 | Velocità di propagazione delle onde di taglio   |
| $d_{ij}(L)$  | [m]   | 0.110   | Spotamenti relativo tra i punti estramali del viadotto  |
| Procedura secondo UNI EN 1998-2  |       |         |   |
| <b>SET A</b>   |       |         |   |
| $\epsilon_r$   | [-]   | 0.0002  | Spostamento relativo per unità di lunghezza   |
| $d_{ri,tot}$   | [m]   | 0.120   | Spotamenti relativo tra i punti estramali del viadotto  |
| <b>SET B</b>   |       |         |   |
| $\beta_{r,om}$   | [-]   | 0.5     | Coefficiente nel caso di terreni omogenei tra supporti adiacenti  |
| $\beta_{r,dis}$  | [-]   | 1.0     | Coefficiente nel caso di terreni disomogenei tra supporti adiacenti   |

**Tabella 45 – Variabilità spaziale del moto sismico per SLV**

| Valutazione della variabilità spaziale del moto per SLC (§3.2.4 NTC2018) |       |         |   |
|--|-------|---------|---|
| $L_{tot}$  | [m]   | 555.0   | Lunghezza complessiva dell'impalcato continuo   |
| $L_g$  | [m]   | 500     | Distanza oltre cui il moto di due punti può ritenersi indipendente (da UNI EN 1998-2)                               |
| $L_{lim}$  | [m]   | 333.3   | Lunghezza limite oltre il quale considerare la variabilità spaziale del moto anche in presenza di terreno omogeneo  |
| $a_g$  | [g]   | 0.286   | Accelerazione orizzontale massima al sito (SLC)   |
| S  | [-]   | 1.112   | Coefficiente che tiene conto della categoria del sottosuolo e della topografia (spettro SLC)                        |
| $T_C$  | [s]   | 0.478   | Periodo corrispondente al tratto a velocità costante (spettro SLC)  |
| $T_D$  | [s]   | 2.743   | Periodo corrispondente al tratto a spostamento costante (spettro SLC)   |
| $d_g$  | [m]   | 0.102   | Spostamento orizzontale massimo del terreno SLC $d_g = 0.025 a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$ (§3.2.3.3 NTC2018)    |
| Procedura secondo NTC (§3.2.4.2)   |       |         |   |
| $d_{ijmax}$  | [m]   | 0.180   | Spostamento relativo tra due punti il cui moto possa considerarsi indipendente                                      |
| $d_{ij0}$  | [m]   | 0.000   | Spostamento relativo tra due punti distanti meno di 20m, diverso da zero se caratterizzati da differente sottosuolo |
| $v_s$  | [m/s] | 360.000 | Velocità di propagazione delle onde di taglio   |
| $d_{ij}(L)$  | [m]   | 0.147   | Spotamenti relativo tra i punti estramali del viadotto  |
| Procedura secondo UNI EN 1998-2  |       |         |   |
| <b>SET A</b>   |       |         |   |
| $\epsilon_r$   | [-]   | 0.0003  | Spostamento relativo per unità di lunghezza   |
| $d_{ri,tot}$   | [m]   | 0.160   | Spotamenti relativo tra i punti estramali del viadotto  |
| <b>SET B</b>   |       |         |   |
| $\beta_{r,om}$   | [-]   | 0.5     | Coefficiente nel caso di terreni omogenei tra supporti adiacenti  |
| $\beta_{r,dis}$  | [-]   | 1.0     | Coefficiente nel caso di terreni disomogenei tra supporti adiacenti   |

**Tabella 46 – Variabilità spaziale del moto sismico per SLC**

## 5 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico per le verifiche dei vari elementi strutturali sono state definite nel rispetto delle indicazioni riportate nei paragrafi 2.5.3 e 5.1.3.14 delle NTC2018.

Le combinazioni per i diversi stati limite sono così definite:

- Combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{\varepsilon 2} \cdot \varepsilon_2 + \gamma_{\varepsilon 4} \cdot \varepsilon_4 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara (SLE-RARA):

$$G_1 + G_2 + \varepsilon_2 + \varepsilon_4 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente (SLE-FRQ):

$$G_1 + G_2 + \varepsilon_2 + \varepsilon_4 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE-QP):

$$G_1 + G_2 + \varepsilon_2 + \varepsilon_4 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + \varepsilon_2 + \varepsilon_4 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:  $G_1 + G_2 + \sum \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$ .

- Combinazione eccezionale (SLU connessi ad azioni eccezionali A):

$$G_1 + G_2 + A_d + \varepsilon_2 + \varepsilon_4 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

In tutte le combinazioni precedentemente elencate, si intende che vengano omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, laddove ragionevole, anche i carichi  $G_2$ .

Nelle formulazioni precedenti si intende con  $G_1$  il carico associato al peso proprio degli elementi strutturali e con  $G_2$  il carico associato al peso proprio degli elementi non strutturali. L'azione associata ad altre azioni permanenti  $G_3$  (es. la spinta del terreno nelle spalle) è inglobato in  $G_1$ . Con  $\varepsilon_2$  e  $\varepsilon_4$  si intendono rispettivamente gli effetti legati al ritiro del calcestruzzo e ai cedimenti vincolari in fondazione. Infine, con  $Q_{kj}$  si intende il j-esimo carico caratteristico di natura variabile, intendendo con  $Q_{k1}$  il carico variabile principale. Nel caso in esame i carichi variabili si distinguono tra il **carico da traffico (qt)**, inteso come gruppo di azioni da traffico combinate tra loro (come indicato in Tabella 47), **l'azione del vento (q5)** e **l'azione della temperatura (q7)**.

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, sono state considerate le combinazioni riportate nella Tabella 47.

Nel caso in esame sono stati considerati i soli gruppi di azioni 1, 2a e 2b.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma$  sono riportati in Tabella 48.

I valori dei coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nella Tabella 49.

| Gruppo di azioni | Carichi sulla superficie carrabile                   |                                  |   |                       |                       | Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili          |
|------------------|--|----------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|--|
|                  | Carichi verticali                                    |                                  |   | Carichi orizzontali   |                       | Carichi verticali  |
|                  | Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6) | Veicoli speciali                 | Folla (Schema di carico 5)  | Frenatura             | Forza centrifuga      | Carico uniformemente distribuito                                   |
| 1                | Valore caratteristico                                |                                  |   |                       |                       | Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m <sup>2</sup> |
| 2a               | Valore frequente                                     |                                  |   | Valore caratteristico |                       |  |
| 2b               | Valore frequente                                     |                                  |   |                       | Valore caratteristico |  |
| 3 (*)            |  |                                  |   |                       |                       | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>  |
| 4 (**)           |  |                                  | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup> |                       |                       | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>  |
| 5 (***)          | Da definirsi per il singolo progetto                 | Valore caratteristico o nominale |   |                       |                       |  |

(\*) Ponti pedonali  
(\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
(\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

**Tabella 47 – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico**

|  |             | Coefficiente  | EQU <sup>(1)</sup>  | A1                  | A2   |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$                        | favorevoli  | $\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$                                   | 0,90                | 1,00                | 1,00 |
|  | sfavorevoli |   | 1,10                | 1,35                | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$ | favorevoli  | $\gamma_{G2}$   | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|  | sfavorevoli |   | 1,50                | 1,50                | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico                           | favorevoli  | $\gamma_Q$  | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|  | sfavorevoli |   | 1,35                | 1,35                | 1,15 |
| Azioni variabili                                       | favorevoli  | $\gamma_{Qt}$   | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|  | sfavorevoli |   | 1,50                | 1,50                | 1,30 |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto            | favorevoli  | $\gamma_{\epsilon 1}$   | 0,90                | 1,00                | 1,00 |
|  | sfavorevoli |   | 1,00 <sup>(3)</sup> | 1,00 <sup>(4)</sup> | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari                | favorevoli  | $\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$ | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|  | sfavorevoli |   | 1,20                | 1,20                | 1,00 |

**Tabella 48 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico SLU**

| Azioni                                 | Gruppo di azioni<br>(Tab. 5.1.IV)     | Coefficiente<br>$\Psi_0$ di combi-<br>nazione | Coefficiente<br>$\Psi_1$ (valori<br>frequent) | Coefficiente $\Psi_2$<br>(valori quasi<br>permanenti) |
|--|---------------------------------------|---|---|---|
| Azioni da<br>traffico<br>(Tab. 5.1.IV) | Schema 1 (carichi tandem)             | 0,75  | 0,75  | 0,0   |
|  | Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti) | 0,40  | 0,40  | 0,0   |
|  | Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)    | 0,40  | 0,40  | 0,0   |
|  | Schema 2                              | 0,0   | 0,75  | 0,0   |
|  | 2                                     | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
|  | 3                                     | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
|  | 4 (folla)                             | --  | 0,75  | 0,0   |
|  | 5                                     | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Vento                                  | a ponte scarico<br>SLU e SLE          | 0,6   | 0,2   | 0,0   |
|  | in esecuzione                         | 0,8   | 0,0   | 0,0   |
|  | a ponte carico<br>SLU e SLE           | 0,6   | 0,0   | 0,0   |
| Neve                                   | SLU e SLE                             | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
|  | in esecuzione                         | 0,8   | 0,6   | 0,5   |
| Temperatura                            | SLU e SLE                             | 0,6   | 0,6   | 0,5   |

**Tabella 49 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  per le azioni variabili**

Si riportano nei paragrafi seguenti le combinazioni di carico considerate per la verifica delle sottostrutture.

Fanno eccezione le combinazioni utilizzate per la verifica delle spalle, le quali sono riportate nello specifico capitolo.

La descrizione dei casi di carico è riportata al capitolo 4 e, più in dettaglio al §6.2.7.

## 5.1 COMBINAZIONI DI CARICO SLU

|        | g1   | g2   | ε2   | ε4   | q1_car_Nmax | q1_car_Nmin | q1_car_Mmax | q1_car_Mmin | q1_frq_Nmax | q1_frq_Nmin | q1_frq_Mmax | q1_frq_Mmin | q3    | q4   | q5[+] (*) | q5[-] (*) | q7_ΔTn_exp (**) | q7_ΔTn_con (**) |
|--------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| SLU_1  | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 | 1.35        |             |             |             |             |             |             |             |       |      | 0.90      |           | 0.90            |                 |
| SLU_2  | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             | 1.35        |             |             |             |             |             |             |       |      | 0.90      |           | 0.90            |                 |
| SLU_3  | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             | 1.35        |             |             |             |             |             |       |      | 0.90      |           | 0.90            |                 |
| SLU_4  | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             | 1.35        |             |             |             |             |       |      | 0.90      |           | 0.90            |                 |
| SLU_5  | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             | 1.35        |             |             |             | 1.35  |      | 0.90      |           | 0.90            |                 |
| SLU_6  | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             | 1.35        |             |             |             | -1.35 |      | 0.90      |           | 0.90            |                 |
| SLU_7  | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             |             |             | 1.35        |             |       | 1.35 | 0.90      |           | 0.90            |                 |
| SLU_8  | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             |             |             | 1.35        |             |       |      | 1.50      |           | 0.90            |                 |
| SLU_9  | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | 1.35        |             |             |             |             |             |             |             |       |      | 0.90      |           |                 | 0.90            |
| SLU_10 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             | 1.35        |             |             |             |             |             |             |       |      | 0.90      |           |                 | 0.90            |
| SLU_11 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             | 1.35        |             |             |             |             |             |       |      | 0.90      |           |                 | 0.90            |
| SLU_12 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             | 1.35        |             |             |             |             |       |      | 0.90      |           |                 | 0.90            |
| SLU_13 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             | 1.35        |             |             |             | 1.35  |      | 0.90      |           |                 | 0.90            |
| SLU_14 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             | 1.35        |             |             |             | -1.35 |      | 0.90      |           |                 | 0.90            |
| SLU_15 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             |             |             | 1.35        |             |       | 1.35 | 0.90      |           |                 | 0.90            |
| SLU_16 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             |             |             | 1.35        |             |       |      | 1.50      |           |                 | 0.90            |
| SLU_17 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             |             |             | 1.35        |             |       |      | 0.90      |           | 1.50            |                 |
| SLU_18 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             |             |             | 1.35        |             |       |      | 0.90      |           |                 | 1.50            |
| SLU_19 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 | 1.35        |             |             |             |             |             |             |             |       |      |           | 0.90      | 0.90            |                 |
| SLU_20 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             | 1.35        |             |             |             |             |             |             |       |      |           | 0.90      | 0.90            |                 |
| SLU_21 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             | 1.35        |             |             |             |             |             |       |      |           | 0.90      | 0.90            |                 |
| SLU_22 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             | 1.35        |             |             |             |             |       |      |           | 0.90      | 0.90            |                 |
| SLU_23 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             | 1.35        |             |             |             | 1.35  |      |           | 0.90      | 0.90            |                 |
| SLU_24 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             | 1.35        |             |             |             | -1.35 |      |           | 0.90      | 0.90            |                 |
| SLU_25 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             |             |             |             | 1.35        |       | 1.35 |           | 0.90      | 0.90            |                 |
| SLU_26 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             |             |             |             | 1.35        |       |      |           | 1.50      | 0.90            |                 |
| SLU_27 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | 1.35        |             |             |             |             |             |             |             |       |      |           | 0.90      |                 | 0.90            |
| SLU_28 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             | 1.35        |             |             |             |             |             |             |       |      |           | 0.90      |                 | 0.90            |
| SLU_29 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             | 1.35        |             |             |             |             |             |       |      |           | 0.90      |                 | 0.90            |
| SLU_30 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             | 1.35        |             |             |             |             |       |      |           | 0.90      |                 | 0.90            |
| SLU_31 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             | 1.35        |             |             |             | 1.35  |      |           | 0.90      |                 | 0.90            |
| SLU_32 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             | 1.35        |             |             |             | -1.35 |      |           | 0.90      |                 | 0.90            |
| SLU_33 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             |             |             |             | 1.35        |       | 1.35 |           | 0.90      |                 | 0.90            |
| SLU_34 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             |             |             |             | 1.35        |       |      |           | 1.50      |                 | 0.90            |
| SLU_35 | 1.35 | 1.50 |      | 1.20 |             |             |             |             |             |             |             | 1.35        |       |      |           | 0.90      | 1.50            |                 |
| SLU_36 | 1.35 | 1.50 | 1.20 | 1.20 |             |             |             |             |             |             |             | 1.35        |       |      |           | 0.90      |                 | 1.50            |

**Tabella 50 – Combinazioni di carico SLU per la verifica delle sottostrutture**

(\*) comprende l'azione del vento longitudinale (q5\_long)

(\*\*) comprende l'effetto della variazione termica differenziale (q7\_ΔTm)

## 5.2 COMBINAZIONI DI CARICO SLE

### SLE-CARATTERISTICA (RARA)

|             | g1   | g2   | ε2   | ε4   | q1_car_Nmax | q1_car_Nmin | q1_car_Mmax | q1_car_Mmin | q1_frq_Nmax | q1_frq_Nmin | q1_frq_Mmax | q1_frq_Mmin | q3    | q4   | q5[+](*) | q5[-](*) | q7_ΔTn_exp (**) | q7_ΔTn_con (**) |
|-------------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|------|----------|----------|-----------------|-----------------|
| SLE-rara_1  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 1.00        |             |             |             |             |             |             |             |       |      | 0.60     |          | 0.60            |                 |
| SLE-rara_2  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             | 1.00        |             |             |             |             |             |             |       |      | 0.60     |          | 0.60            |                 |
| SLE-rara_3  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             | 1.00        |             |             |             |             |             |       |      | 0.60     |          | 0.60            |                 |
| SLE-rara_4  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             | 1.00        |             |             |             |             |       |      | 0.60     |          | 0.60            |                 |
| SLE-rara_5  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             | 1.00  |      | 0.60     |          | 0.60            |                 |
| SLE-rara_6  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             | -1.00 |      | 0.60     |          | 0.60            |                 |
| SLE-rara_7  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             | 1.00        |             |             |       | 1.00 | 0.60     |          | 0.60            |                 |
| SLE-rara_8  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             |             | 1.00        |             |       |      | 1.00     |          | 0.60            |                 |
| SLE-rara_9  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00        |             |             |             |             |             |             |             |       |      | 0.60     |          |                 | 0.60            |
| SLE-rara_10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             | 1.00        |             |             |             |             |             |             |       |      | 0.60     |          |                 | 0.60            |
| SLE-rara_11 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             | 1.00        |             |             |             |             |             |       |      | 0.60     |          |                 | 0.60            |
| SLE-rara_12 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             | 1.00        |             |             |             |             |       |      | 0.60     |          |                 | 0.60            |
| SLE-rara_13 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             | 1.00  |      | 0.60     |          |                 | 0.60            |
| SLE-rara_14 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             | -1.00 |      | 0.60     |          |                 | 0.60            |
| SLE-rara_15 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             | 1.00        |             |             |       | 1.00 | 0.60     |          |                 | 0.60            |
| SLE-rara_16 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             | 1.00        |             |             |       |      | 1.00     |          |                 | 0.60            |
| SLE-rara_17 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             | 1.00        |             |             |       |      | 0.60     |          | 1.00            |                 |
| SLE-rara_18 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             | 1.00        |             |             |       |      | 0.60     |          |                 | 1.00            |
| SLE-rara_19 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 1.00        |             |             |             |             |             |             |             |       |      |          | 0.60     | 0.60            |                 |
| SLE-rara_20 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             | 1.00        |             |             |             |             |             |             |       |      |          | 0.60     | 0.60            |                 |
| SLE-rara_21 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             | 1.00        |             |             |             |             |             |       |      |          | 0.60     | 0.60            |                 |
| SLE-rara_22 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             | 1.00        |             |             |             |             |       |      |          | 0.60     | 0.60            |                 |
| SLE-rara_23 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             | 1.00  |      |          | 0.60     | 0.60            |                 |
| SLE-rara_24 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             | -1.00 |      |          | 0.60     | 0.60            |                 |
| SLE-rara_25 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             |             | 1.00        |             |       | 1.00 |          | 0.60     | 0.60            |                 |
| SLE-rara_26 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             |             | 1.00        |             |       |      |          | 1.00     | 0.60            |                 |
| SLE-rara_27 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00        |             |             |             |             |             |             |             |       |      |          | 0.60     |                 | 0.60            |
| SLE-rara_28 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             | 1.00        |             |             |             |             |             |             |       |      |          | 0.60     |                 | 0.60            |
| SLE-rara_29 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             | 1.00        |             |             |             |             |             |       |      |          | 0.60     |                 | 0.60            |
| SLE-rara_30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             | 1.00        |             |             |             |             |       |      |          | 0.60     |                 | 0.60            |
| SLE-rara_31 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             | 1.00  |      |          | 0.60     |                 | 0.60            |
| SLE-rara_32 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             | -1.00 |      |          | 0.60     |                 | 0.60            |
| SLE-rara_33 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             |             | 1.00        |             |       | 1.00 |          | 0.60     |                 | 0.60            |
| SLE-rara_34 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             |             | 1.00        |             |       |      |          | 1.00     |                 | 0.60            |
| SLE-rara_35 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             |             | 1.00        |             |       |      |          | 0.60     | 1.00            |                 |
| SLE-rara_36 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             |             | 1.00        |             |       |      |          | 0.60     |                 | 1.00            |

**Tabella 51 – Combinazioni di carico SLE-rare per la verifica delle sottostrutture**

## SLE-FREQUENTE

|            | g1   | g2   | ε2   | ε4   | q1_car_Nmax | q1_car_Nmin | q1_car_Mmax | q1_car_Mmin | q1_frq_Nmax | q1_frq_Nmin | q1_frq_Mmax | q1_frq_Mmin | q3 | q4 | q5[+] (*) | q5[-] (*) | q7_ΔTn_exp (**) | q7_ΔTn_con (**) |
|------------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----|----|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| SLE-frq_1  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             |    |    |           |           | 0.50            |                 |
| SLE-frq_2  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             | 1.00        |             |             |    |    |           |           | 0.50            |                 |
| SLE-frq_3  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             |             | 1.00        |             |    |    |           |           | 0.50            |                 |
| SLE-frq_4  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             |             |             | 1.00        |    |    |           |           | 0.50            |                 |
| SLE-frq_5  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             | 1.00        |             |             |             |    |    |           |           |                 | 0.50            |
| SLE-frq_6  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             | 1.00        |             |             |    |    |           |           |                 | 0.50            |
| SLE-frq_7  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             |             | 1.00        |             |    |    |           |           |                 | 0.50            |
| SLE-frq_8  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             |             |             | 1.00        |    |    |           |           |                 | 0.50            |
| SLE-frq_9  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             |             |             |             |    |    |           |           | 0.60            |                 |
| SLE-frq_10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             |             |             |             |    |    |           |           |                 | 0.60            |

**Tabella 52 – Combinazioni di carico SLE-frequenti per la verifica delle sottostrutture**

## SLE-QUASI PERMANENTE

|            | g1   | g2   | ε2   | ε4   | q1_car_Nmax | q1_car_Nmin | q1_car_Mmax | q1_car_Mmin | q1_frq_Nmax | q1_frq_Nmin | q1_frq_Mmax | q1_frq_Mmin | q3 | q4 | q5[+] (*) | q5[-] (*) | q7_ΔTn_exp (**) | q7_ΔTn_con (**) |
|------------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----|----|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| SLE-q.p._1 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 |             |             |             |             |             |             |             |             |    |    |           |           | 0.50            |                 |
| SLE-q.p._2 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |             |             |             |             |             |             |             |             |    |    |           |           |                 | 0.50            |

**Tabella 53 – Combinazioni di carico SLE-quasi permanenti per la verifica delle sottostrutture**

(\*) comprende l'azione del vento longitudinale (q5\_long)

(\*\*) comprende l'effetto della variazione termica differenziale (q7\_ΔTm)

## 5.3 COMBINAZIONI DI CARICO SISMICHE SLV

Le componenti dell'azione sismica X, Y e Z possono essere tra loro combinate secondo la regola 100-30-30 (§ 7.3.5 delle NTC2018).

Le masse considerate per l'analisi sismica sono quelle corrispondenti ai carichi g1+g2.

I carichi e la massa associati al traffico non sono stati considerati in quanto il viadotto non si trova in una zona urbana caratterizzata da intenso traffico ( $\psi_2=0$ ).



|        | ε1   | ε2   | ε2   | ε4   | q7_ΔTn_exp (**) | q7_ΔTn_con (**) | E_SLV-x (+ VSM) | E_SLV-y (+ VSM) | E_SLV-z (+ VSM) |
|--------|------|------|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| SLV_1  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 1.00            | 0.30            | 0.30            |
| SLV_2  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 1.00            | 0.30            | -0.30           |
| SLV_3  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 1.00            | -0.30           | 0.30            |
| SLV_4  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 1.00            | -0.30           | -0.30           |
| SLV_5  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -1.00           | 0.30            | 0.30            |
| SLV_6  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -1.00           | 0.30            | -0.30           |
| SLV_7  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -1.00           | -0.30           | 0.30            |
| SLV_8  | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -1.00           | -0.30           | -0.30           |
| SLV_9  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 1.00            | 0.30            | 0.30            |
| SLV_10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 1.00            | 0.30            | -0.30           |
| SLV_11 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 1.00            | -0.30           | 0.30            |
| SLV_12 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 1.00            | -0.30           | -0.30           |
| SLV_13 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -1.00           | 0.30            | 0.30            |
| SLV_14 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -1.00           | 0.30            | -0.30           |
| SLV_15 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -1.00           | -0.30           | 0.30            |
| SLV_16 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -1.00           | -0.30           | -0.30           |
| SLV_17 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 0.30            | 1.00            | 0.30            |
| SLV_18 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 0.30            | 1.00            | -0.30           |
| SLV_19 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -0.30           | 1.00            | 0.30            |
| SLV_20 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -0.30           | 1.00            | -0.30           |
| SLV_21 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 0.30            | -1.00           | 0.30            |
| SLV_22 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 0.30            | -1.00           | -0.30           |
| SLV_23 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -0.30           | -1.00           | 0.30            |
| SLV_24 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -0.30           | -1.00           | -0.30           |
| SLV_25 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 0.30            | 1.00            | 0.30            |
| SLV_26 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 0.30            | 1.00            | -0.30           |
| SLV_27 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -0.30           | 1.00            | 0.30            |
| SLV_28 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -0.30           | 1.00            | -0.30           |
| SLV_29 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 0.30            | -1.00           | 0.30            |
| SLV_30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 0.30            | -1.00           | -0.30           |
| SLV_31 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -0.30           | -1.00           | 0.30            |
| SLV_32 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -0.30           | -1.00           | -0.30           |
| SLV_33 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 0.30            | 0.30            | 1.00            |
| SLV_34 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 0.30            | -0.30           | 1.00            |
| SLV_35 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -0.30           | 0.30            | 1.00            |
| SLV_36 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -0.30           | -0.30           | 1.00            |
| SLV_37 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 0.30            | 0.30            | -1.00           |
| SLV_38 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | 0.30            | -0.30           | -1.00           |
| SLV_39 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -0.30           | 0.30            | -1.00           |
| SLV_40 | 1.00 | 1.00 |      | 1.00 | 0.50            |                 | -0.30           | -0.30           | -1.00           |
| SLV_41 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 0.30            | 0.30            | 1.00            |
| SLV_42 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 0.30            | -0.30           | 1.00            |
| SLV_43 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -0.30           | 0.30            | 1.00            |
| SLV_44 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -0.30           | -0.30           | 1.00            |
| SLV_45 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 0.30            | 0.30            | -1.00           |
| SLV_46 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | 0.30            | -0.30           | -1.00           |
| SLV_47 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -0.30           | 0.30            | -1.00           |
| SLV_48 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |                 | 0.50            | -0.30           | -0.30           | -1.00           |

**Tabella 54 – Combinazioni di carico sismiche SLV per la verifica delle sottostrutture**

(\*\*) comprende l'effetto della variazione termica differenziale ( $q7_{\Delta Tm}$ )

## 6 ANALISI GLOBALI

Nel presente capitolo si riporta una descrizione delle analisi globali effettuate e, successivamente, se ne illustrano i risultati ottenuti.

Le analisi globali sono state realizzate con il fine di valutare:

- Le sollecitazioni/deformazioni delle travi principali;
- Gli scarichi e le deformazioni sugli appoggi/isolatori;
- La risposta sismica della struttura;
- Le sollecitazioni sulle pile;
- Gli scarichi in testa alle spalle e all'estradosso dei plinti delle pile.

### 6.1 SOFTWARE DI CALCOLO

Il software di calcolo utilizzato è **Midas Civil 2022 v1.2** (n° licenza U010-02986), sviluppato da MIDAS Information Technology Co (1989) e distribuito in Italia da CSPFea.

### 6.2 MODELLI DI CALCOLO GLOBALI E ANALISI SVOLTE

Le analisi globali sono state eseguite su modelli tridimensionali della struttura costituiti da elementi a comportamento lineare.

In particolare, sono stati realizzati quattro (+ due) modelli di calcolo:

- **"Mod01\_g1"**: per le analisi nella fase di varo e di getto, quando ancora la soletta non è collaborante;
- **"Mod02\_g2+e2+e4"**: per la valutazione delle sollecitazioni/deformazioni causate dai carichi di lunga durata (permanententi non strutturali, cedimenti vincolari e ritiro);

- **"Mod03\_VAR"** : per la valutazione delle sollecitazioni/deformazioni causate da carichi variabili (di breve durata), quali carichi da traffico, vento e variazioni termiche;
- **"Mod04\_Sismica"** : per l'analisi della risposta sismica (analisi modale) nelle condizioni in cui si assumano caratteristiche nominali per gli isolatori;
- **"Mod04\_Sismica-UB"** : per la valutazione degli effetti dell'azione sismica nelle condizioni in cui si assumano caratteristiche Upper-Bound per gli isolatori (si veda §6.2.5 per maggiori indicazioni);
- **"Mod04\_Sismica-LB"** : per la valutazione degli effetti dell'azione sismica nelle condizioni in cui si assumano caratteristiche Lower-Bound per isolatori (si veda §6.2.5 per maggiori indicazioni).

Tali modelli comprendono l'impalcato e le pile e sono composti interamente da elementi lineari di tipo *"beam"*.

Le spalle e le fondazioni non sono state modellate. Sono dunque stati inseriti dei vincoli di incastro posti in corrispondenza dell'intradosso appoggi sulle spalle e in corrispondenza della base delle pile.

Per le spalle sono stati poi realizzati appositi modelli *"plate"*, ai quali sono state applicate forze concentrate in corrispondenza degli appoggi. Quest'ultime sono state valutate a partire dai modelli globali menzionati.

## 6.2.1 Analisi in fase di getto e di varo ("*Mod01\_g1*")

### Geometrie, vincoli e proprietà degli elementi

Nel modello "*Mod01\_g1*", sono presenti gli elementi "*beam*" delle pile, delle travi principali e delle aste costituenti i traversi.

Inoltre, sono presenti degli elementi "soletta" fittizi a rigidità pressoché nulla, utili alla sola applicazione del carico g1 rappresentativo del peso delle predalles e del getto.

Gli appoggi sono modellati con "*link*" di tipo elastico. Si rimanda al §6.2.5 per maggiori informazioni.

Con l'obiettivo di rappresentare le linee baricentriche dei diversi conci di trave nelle effettive posizioni, si è fatto uso del comando "*Change Offset ...*": tale funzione di Midas Civil consente di imporre agli elementi di impalcato modellati, un punto di inserimento specifico (*Insertion Point*) diverso dal baricentro dell'elemento stesso, permettendo così di modellare facilmente la reale quota a cui si trova l'impalcato. Le travi sono state dunque modellate in corrispondenza dell'estradosso della piattabanda superiore.

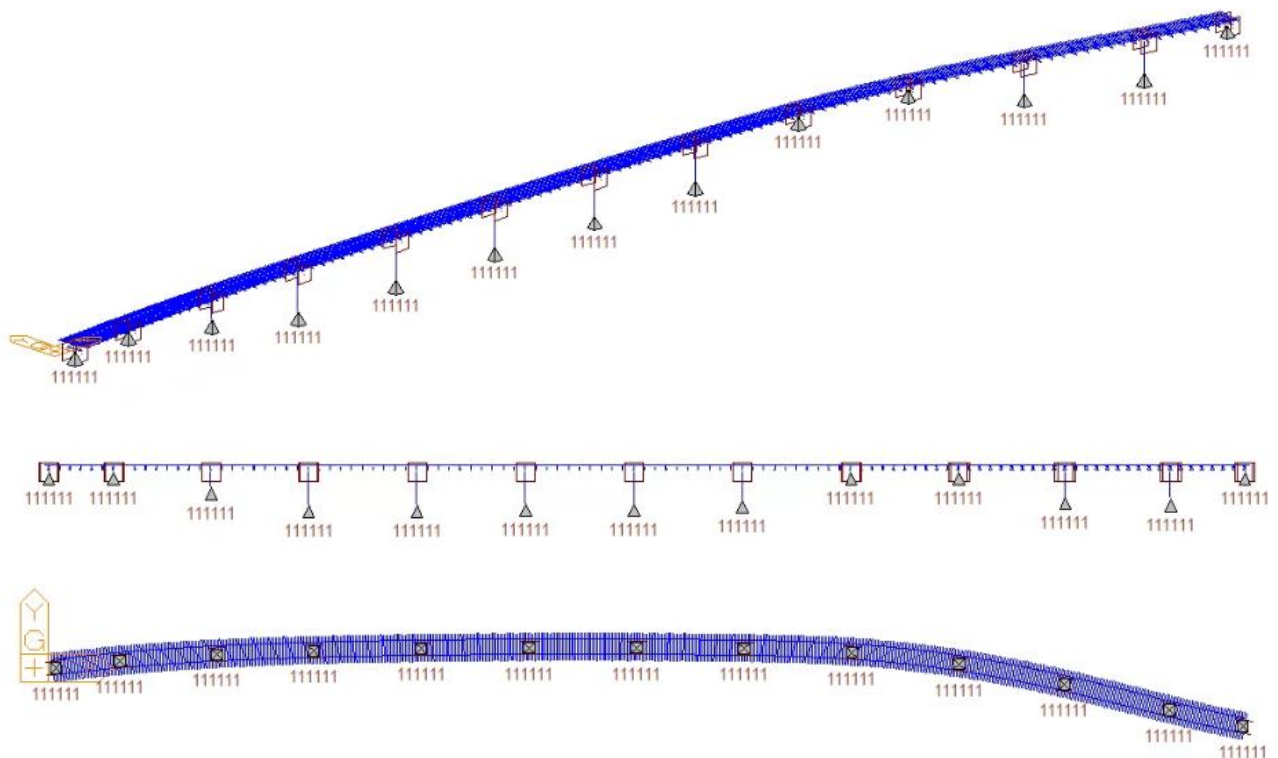
I carichi distribuiti applicati su un elemento "*beam*" con un punto di inserimento specifico, così come gli output in sollecitazioni, vengono riportati sulla linea baricentrica: il software posiziona automaticamente l'elemento trave sul suo asse baricentrico e lo connette tramite vincoli cinematici di tipo rigido ai nodi dell'*Insertion Point*, i quali a loro volta sono collegati al resto della struttura.

Le travi presentano anime inclinate. Ciò nonostante, la modellazione delle stesse è stata fatta assumendo queste come verticali, posizionando i nodi (i quali sono a quota estradosso) in asse al punto medio tra le due piattabande. La distanza trasversale tra i

"beam" delle travi è dunque pari a 7m (media tra 6m, a quota appoggio, e 8m, a quota soletta).

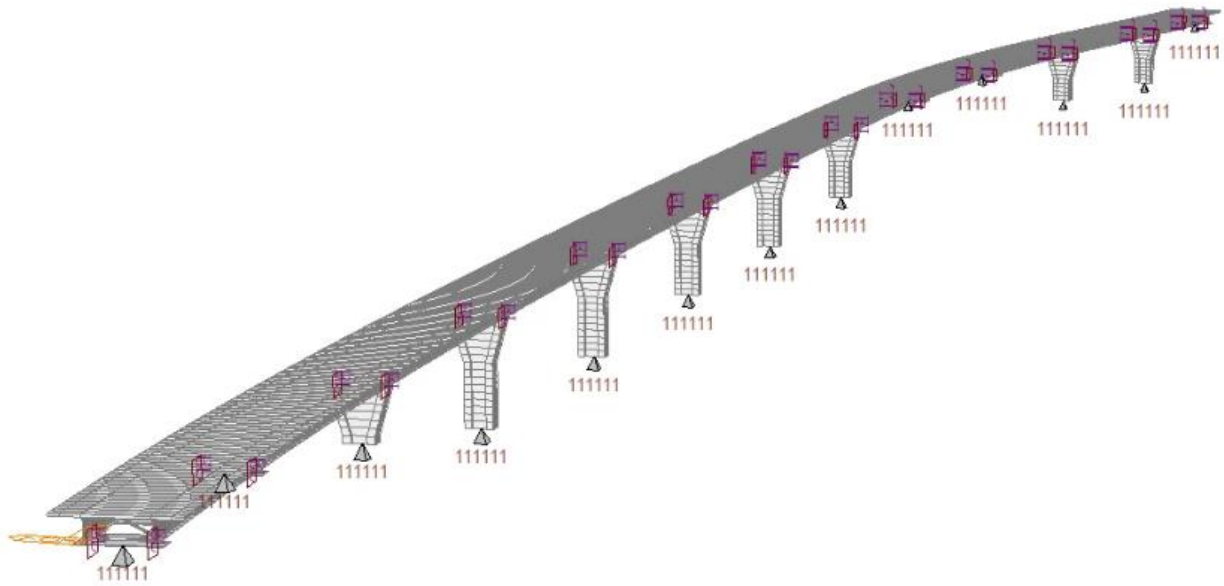
Il collegamento tra i nodi delle travi, dei traversi e degli appoggi e tra i nodi degli appoggi e delle sottostrutture, è stato modellato attraverso "rigid link".

A scopo esplicativo, nelle figure seguenti si riportano alcune viste estratte dal modello. Nelle figure sono evidenziati i vari link e vincoli presenti nel modello. In particolare, si distinguono in ciano i vincoli cinematici di tipo rigido ("rigid Link"), in rosso, con la dicitura "EL", i link elastici rappresentativi degli isolatori elastomerici.

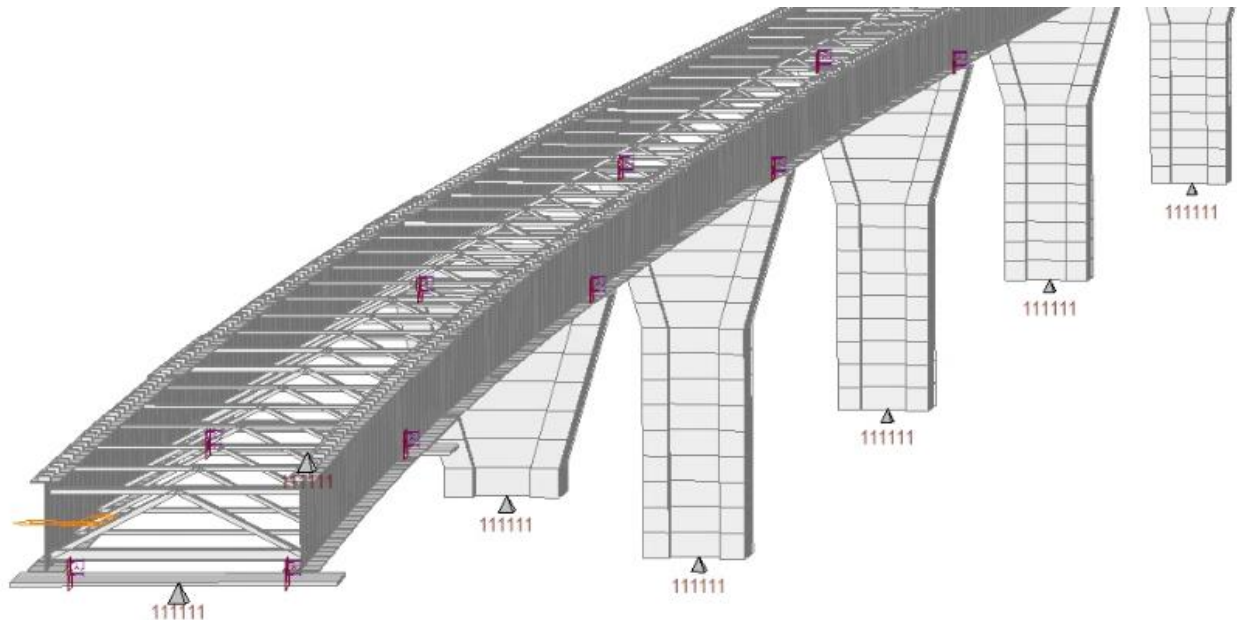


**Figura 35 – Viste 3D e 2D del modello**

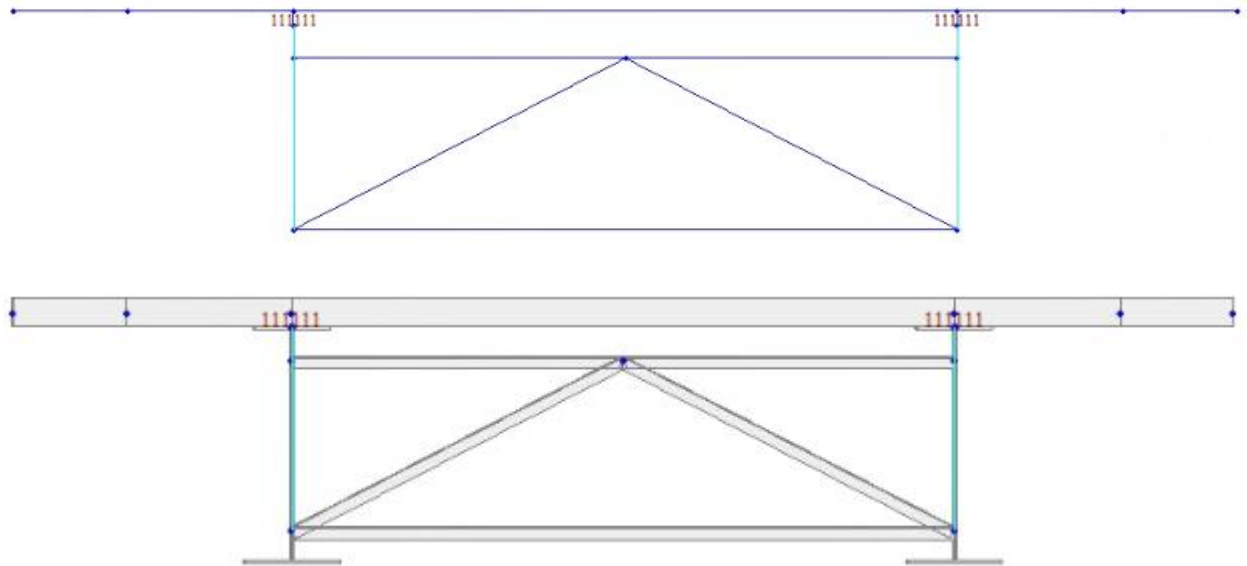
Delle immagini precedenti è possibile osservare gli assi globali del modello.  
Procedendo nel verso delle "X" crescenti, si ha prima la Spalla B (in corrispondenza dell'origine degli assi globali), poi le 11 pile, da P11 fino a P1 e, infine, la spalla A.



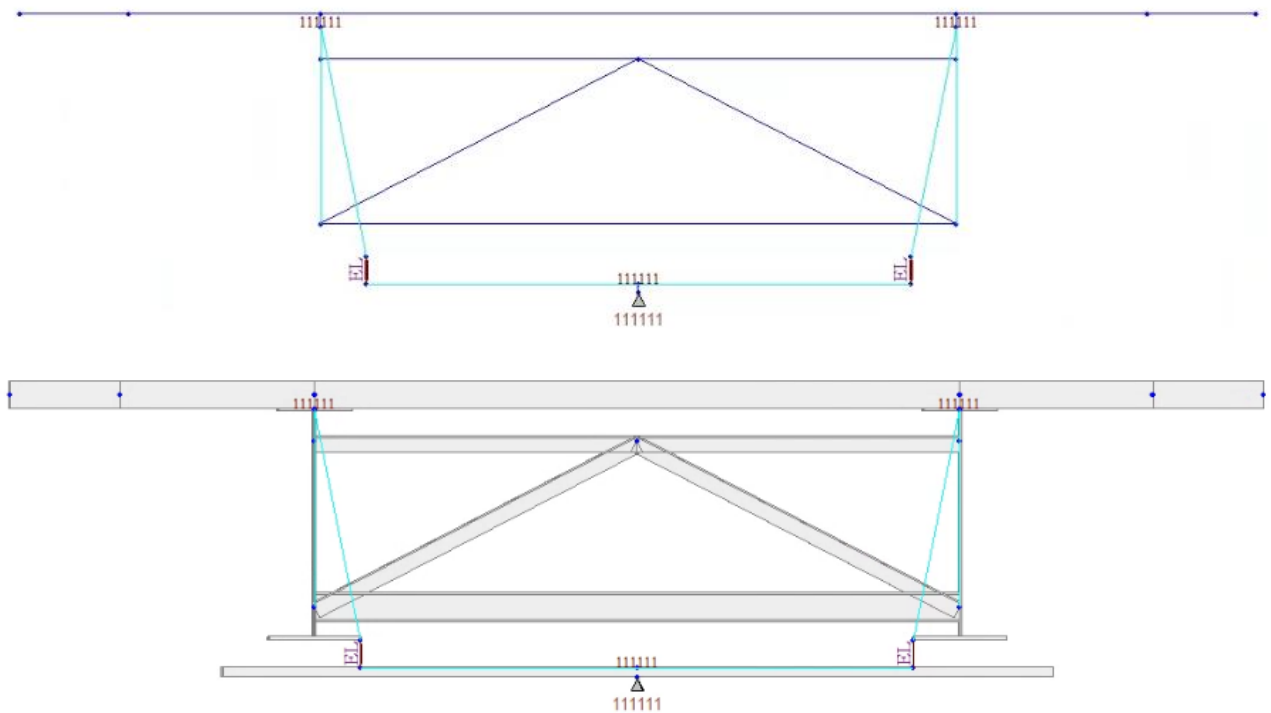
**Figura 36 – Vista 3D del modello estrusa**



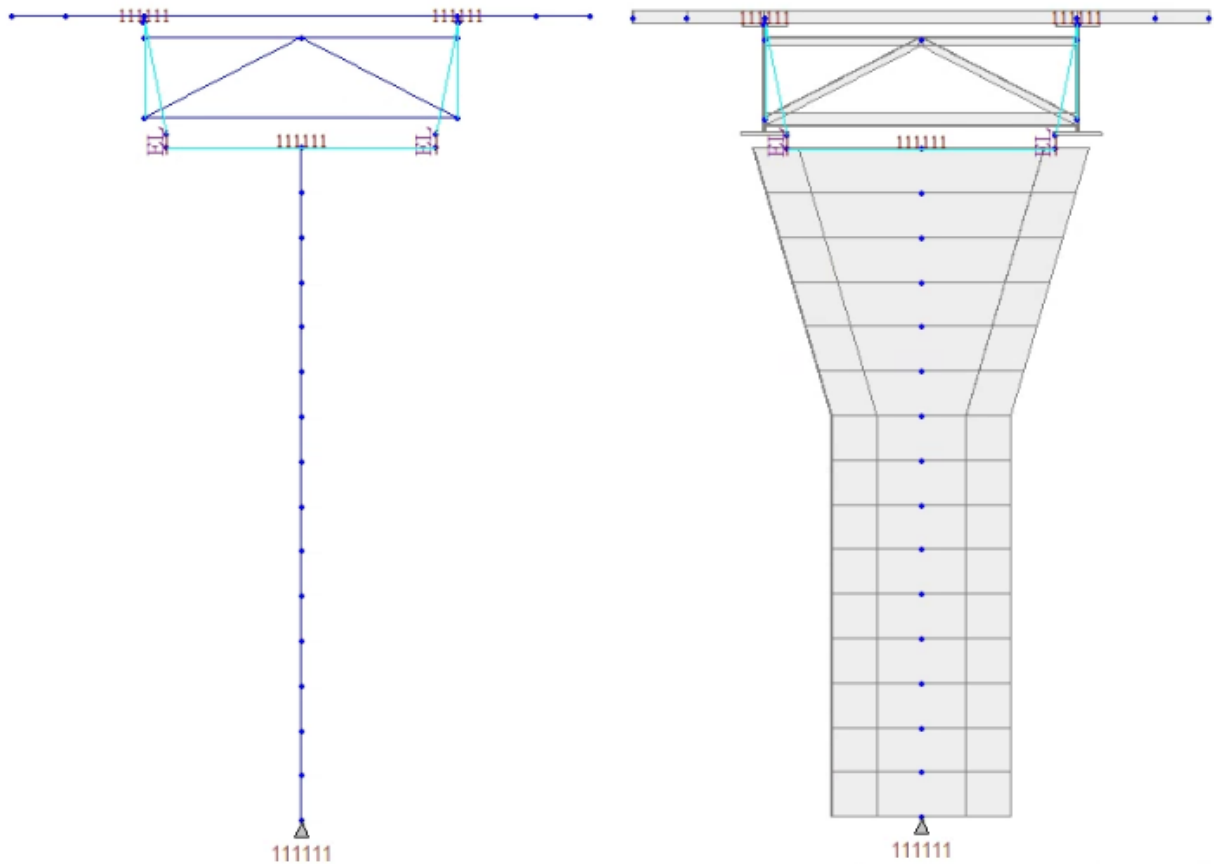
**Figura 37 – Vista 3D del modello estrusa – sola carpenteria metallica**



**Figura 38 – Collegamento tra travi e diaframmi intermedi**



**Figura 39 – Collegamento tra travi, diaframma di appoggio, appoggi e spalla**



**Figura 40 – Collegamento tra travi, diaframma di appoggio, appoggi e pila**

Si nota dalle immagini precedenti come i link elastici siano stati inseriti in corrispondenza dell'esatta posizione in pianta occupata dagli isolatori.

Nelle immagini seguenti si riportano le proprietà inerziali assegnate ad alcuni degli elementi presenti nel modello.



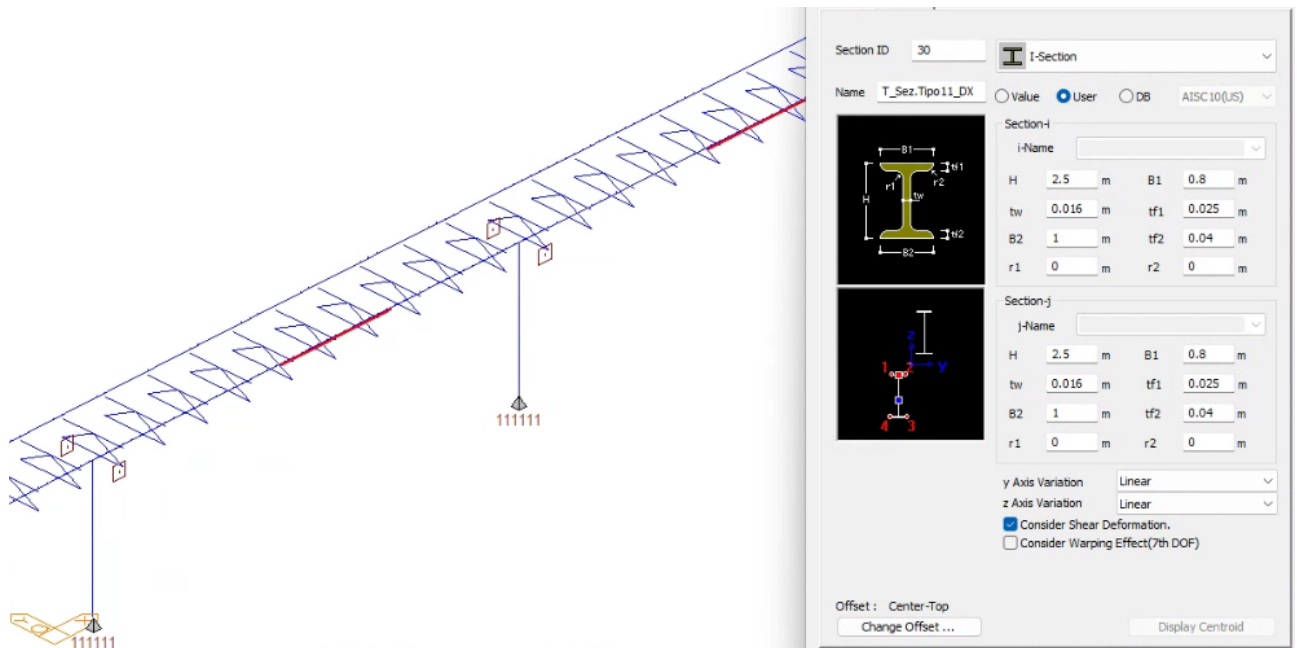


Figura 41 – Proprietà geometriche delle travi principali in fase di getto (esempio sez.tipo11)

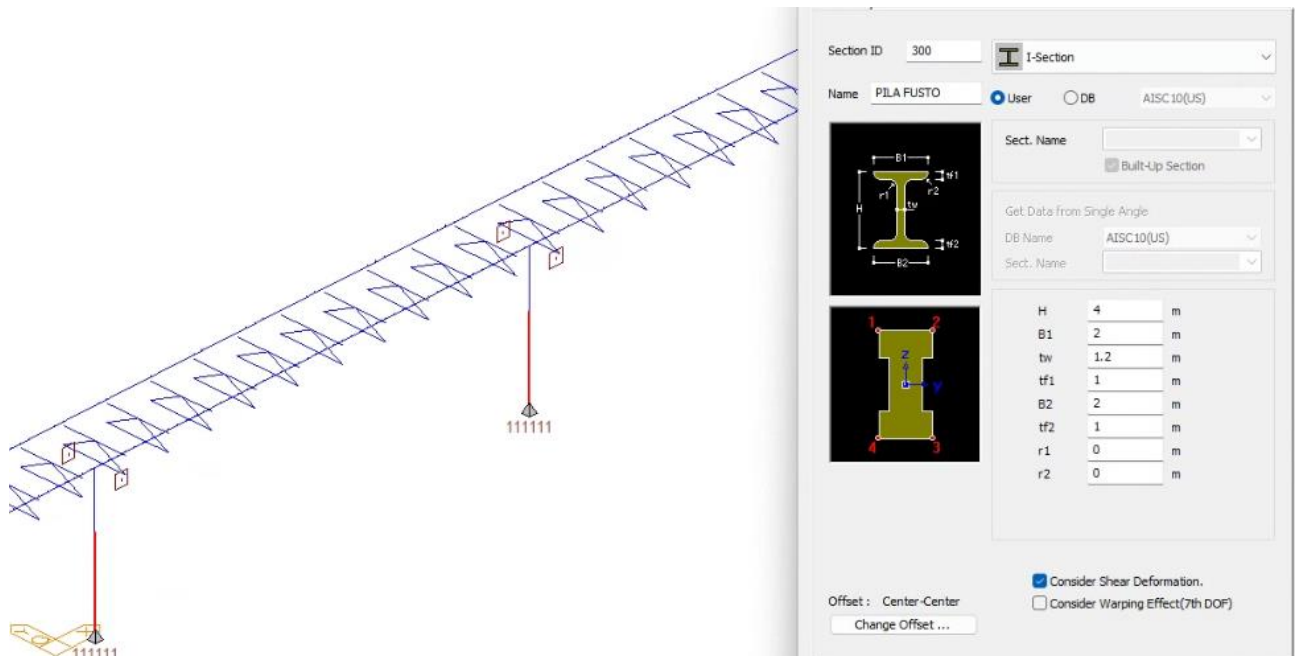
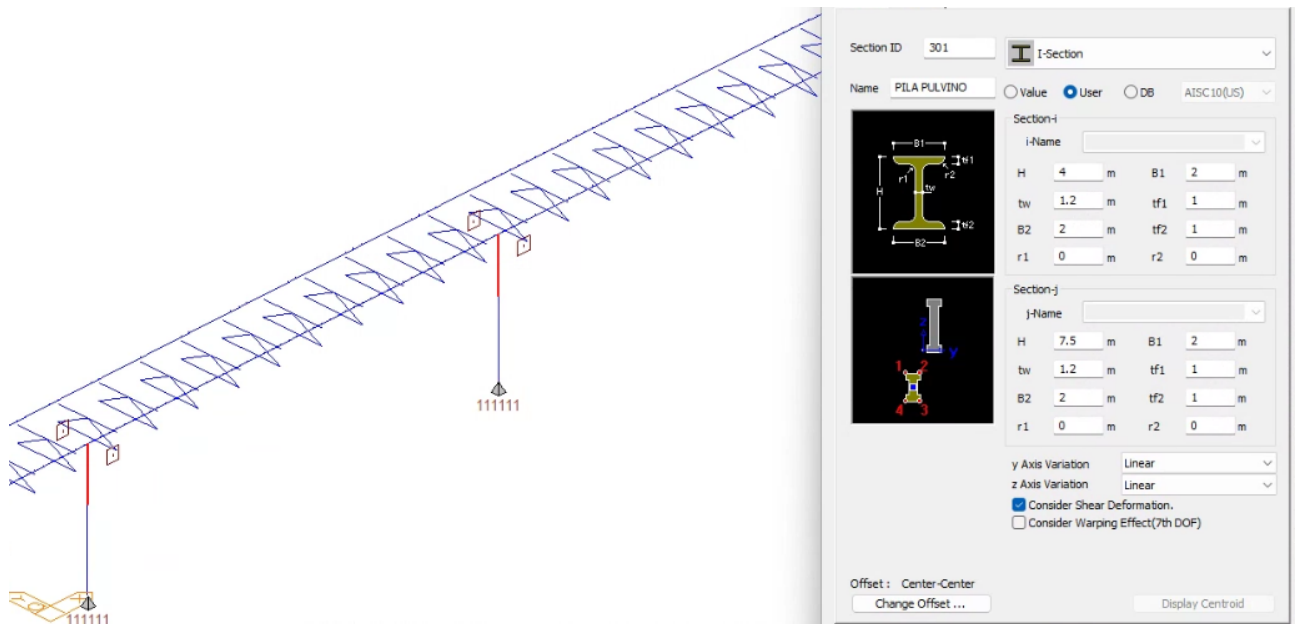


Figura 42 – Proprietà geometriche del fusto pila

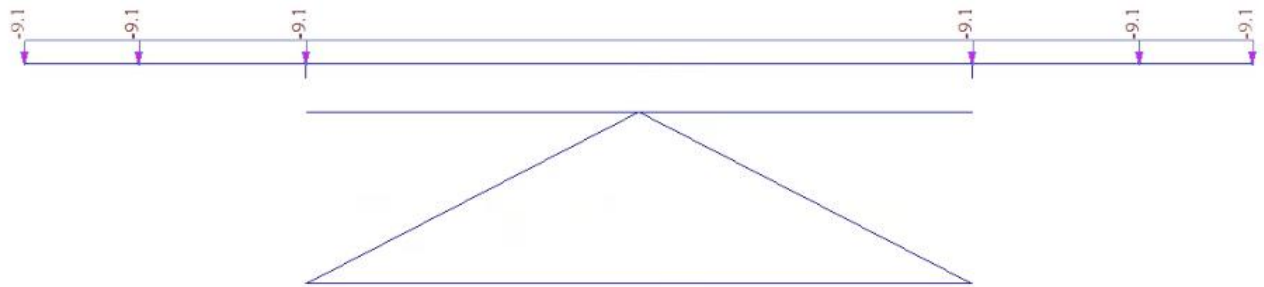


**Figura 43 – Proprietà geometriche del pulvino (sezione ad altezza variabile)**

### Modellazione delle azioni agenti

I carichi permanenti associati alla carpenteria metallica vengono considerati nell'analisi a partire dalla geometria del modello stesso, considerando un peso specifico del materiale maggiorato del 20% ( $\gamma=94.2\text{kN/m}^3$ ). Questo valore comprende il peso delle parti di carpenteria non modellate, ovvero irrigidimenti, trave di spina e controventi, e, inoltre, tiene in conto della reale dimensione del pannello d'anima (più lungo di quanto modellato).

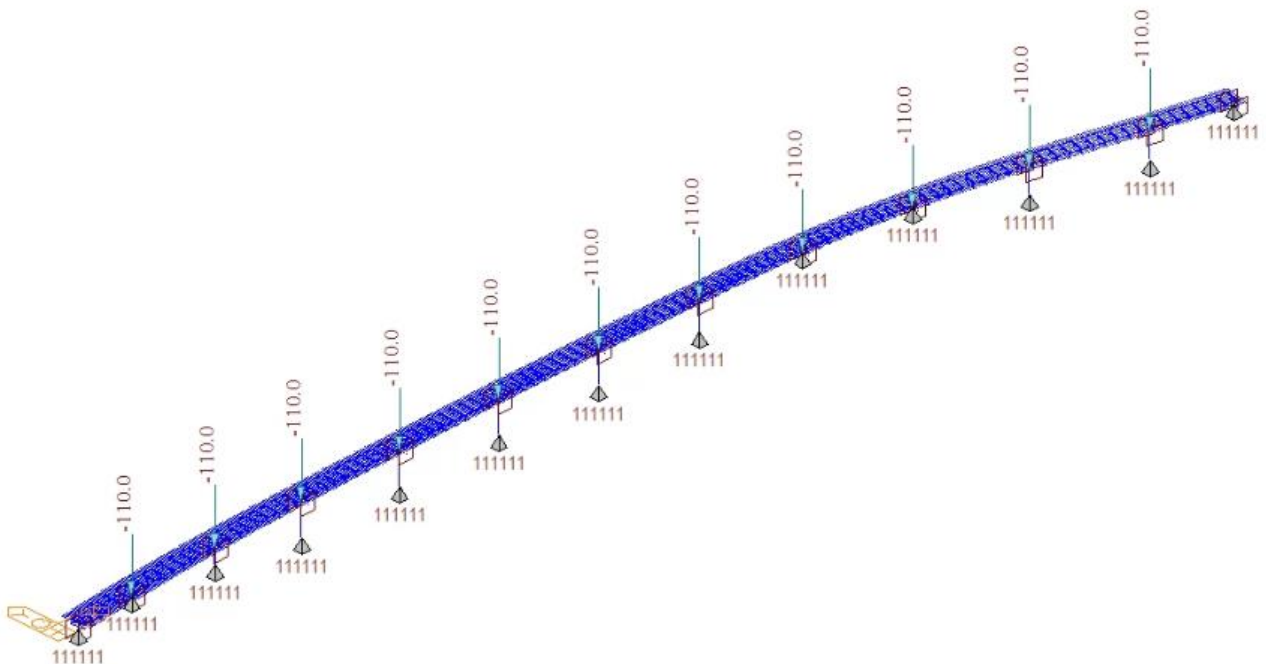
Il peso della soletta (comprensivo delle predalles) è stato applicato agli elementi "beam" fittizi trasversali (Figura 44). Nella valutazione del peso si è tenuto conto dello spessore medio di calcestruzzo, differenziando per ognuna delle campate del viadotto, in accordo con quanto indicato al §4.1 della presente relazione.



**Figura 44 – Carico della soletta applicato sui “beam” fittizi trasversali (esempio zona in rettilifo  $s=0.365m$ )**

Il peso delle sottostrutture è stato valutato direttamente in funzione delle geometrie assegnate al modello, considerando un peso specifico di  $25 \text{ kN/m}^3$ .

Per tener conto della reale dimensione del pulvino e della presenza di baggioli e ritegni, è stato applicato un carico pari a  $110 \text{ kN}$  in corrispondenza dei nodi di testa-pila.



**Figura 45 – Carico associato al peso di baggioli, ritegni e parti non modellate del pulvino**

## 6.2.2 Analisi per carichi permanenti $g_2$ , ritiro e cedimenti ("*Mod02\_g2+e2+e4*")

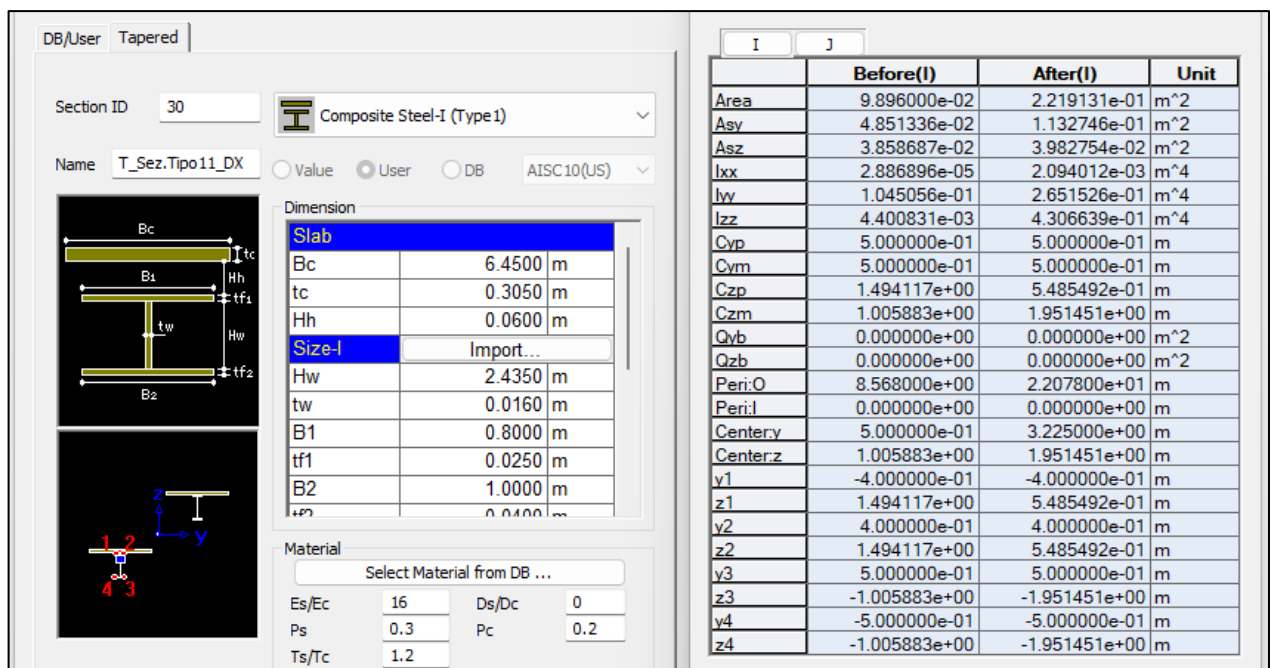
### Geometrie, vincoli e proprietà degli elementi

La geometria e i vincoli sono gli stessi del modello "*Mod01\_g1*" (§6.2.1).

La sola differenza col modello descritto al paragrafo precedente sta nella modellazione della soletta, la quale, in questa fase, è collaborante.

Per tener conto del contributo alla rigidezza offerto dalla soletta negli effetti globali, alle travi sono state assegnate le proprietà delle corrispondenti sezioni miste acciaio-calcestruzzo, mediante l'uso del comando "*Composite Section*", disponibile nel software adottato.

Poiché si stanno analizzando carichi di lunga durata, il coefficiente di omogeneizzazione è stato modificato per tenere conto degli effetti della viscosità (si è assunto un valore medio tra i due riportati nella Tabella 10 del §4.3 del presente documento).



The screenshot shows the software interface for defining a composite steel section. On the left, there are diagrams of the section geometry with dimensions labeled:  $B_c$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $t_c$ ,  $H_h$ ,  $t_w$ ,  $H_w$ ,  $t_{f1}$ , and  $t_{f2}$ . The main panel displays the section ID (30), name (T\_Sez.Tipo11\_DX), and material (Composite Steel-I (Type1)). A table lists the dimensions for the slab and the I-beam flange and web. The material properties are also shown.

|          | Before(I)     | After(I)      | Unit |
|----------|---------------|---------------|------|
| Area     | 9.896000e-02  | 2.219131e-01  | m^2  |
| Asy      | 4.851336e-02  | 1.132746e-01  | m^2  |
| Asz      | 3.858687e-02  | 3.982754e-02  | m^2  |
| Ixx      | 2.886896e-05  | 2.094012e-03  | m^4  |
| Iyy      | 1.045056e-01  | 2.651526e-01  | m^4  |
| Izz      | 4.400831e-03  | 4.306639e-01  | m^4  |
| Cyp      | 5.000000e-01  | 5.000000e-01  | m    |
| Cym      | 5.000000e-01  | 5.000000e-01  | m    |
| Czp      | 1.494117e+00  | 5.485492e-01  | m    |
| Czm      | 1.005883e+00  | 1.951451e+00  | m    |
| Qyb      | 0.000000e+00  | 0.000000e+00  | m^2  |
| Qzb      | 0.000000e+00  | 0.000000e+00  | m^2  |
| Peri:O   | 8.568000e+00  | 2.207800e+01  | m    |
| Peri:I   | 0.000000e+00  | 0.000000e+00  | m    |
| Center:y | 5.000000e-01  | 3.225000e+00  | m    |
| Center:z | 1.005883e+00  | 1.951451e+00  | m    |
| y1       | -4.000000e-01 | -4.000000e-01 | m    |
| z1       | 1.494117e+00  | 5.485492e-01  | m    |
| y2       | 4.000000e-01  | 4.000000e-01  | m    |
| z2       | 1.494117e+00  | 5.485492e-01  | m    |
| y3       | 5.000000e-01  | 5.000000e-01  | m    |
| z3       | -1.005883e+00 | -1.951451e+00 | m    |
| y4       | -5.000000e-01 | -5.000000e-01 | m    |
| z4       | -1.005883e+00 | -1.951451e+00 | m    |

Figura 46 – Proprietà geometriche delle travi miste a "tempo infinito" (esempio sez.tipo 11)

La larghezza collaborante della soletta è stata assunta pari alla larghezza efficace.

L'effetto dei momenti negativi sugli appoggi intermedi (in corrispondenza delle pile) porta la soletta in trazione per effetti globali. In accordo con quanto indicato al §4.3.2.2.1 delle NTC2018 è stato dunque necessario tenere in conto della fessurazione del calcestruzzo della soletta.

La normativa suddetta propone due metodologie per tener conto di tale fenomeno. Poiché le luci delle campate non differiscono tra di loro di più del 60%, è stato possibile applicare il "secondo metodo" (semplificato). Questo consiste nel considerare fessurata la soletta per un'estensione pari al 15% della luce per ognuna delle due campate adiacenti alla pila, a partite dall'asse appoggi. Laddove la soletta è stata considerata come fessurata, l'area di calcestruzzo è stata sostituita dall'area delle armature presenti. Vedere Figura 47.

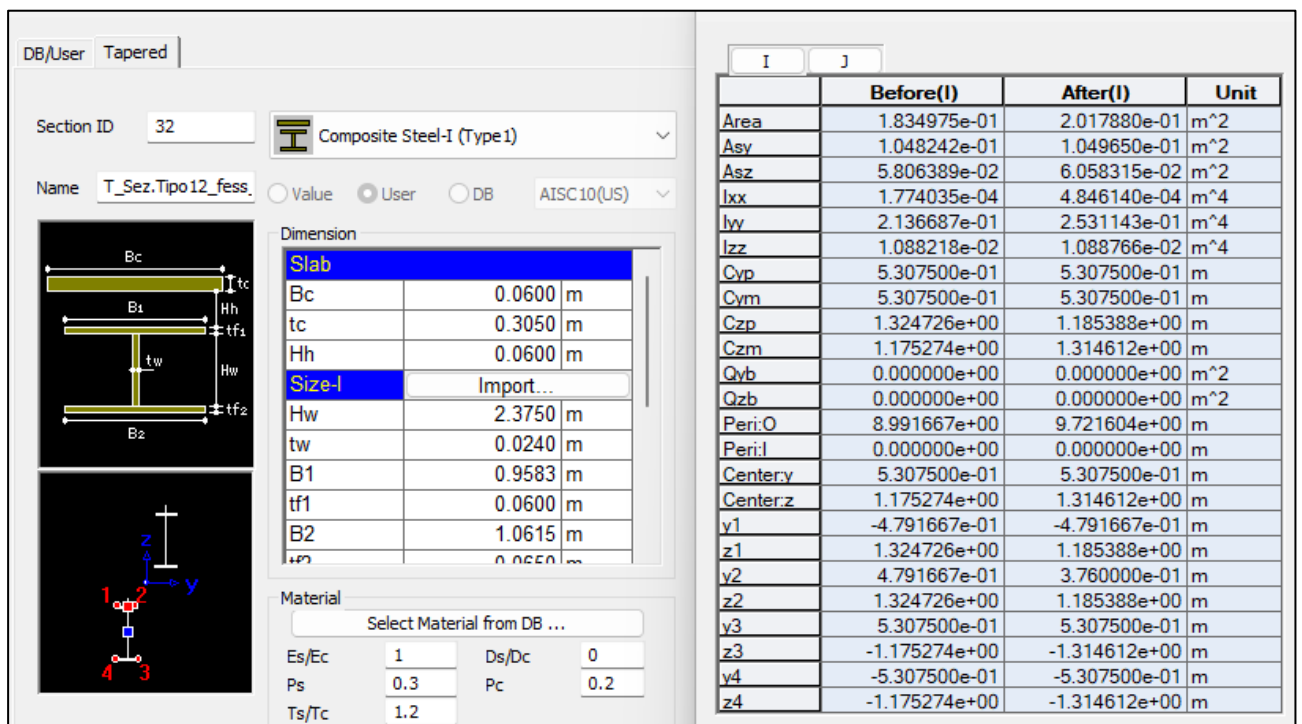
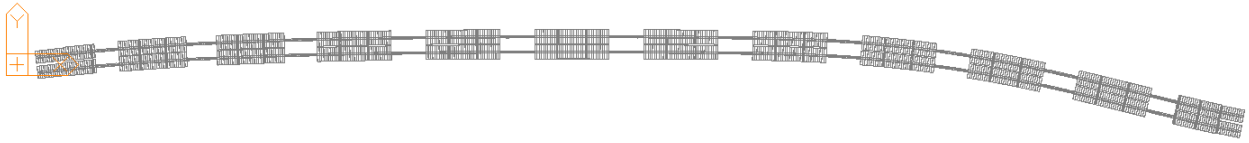


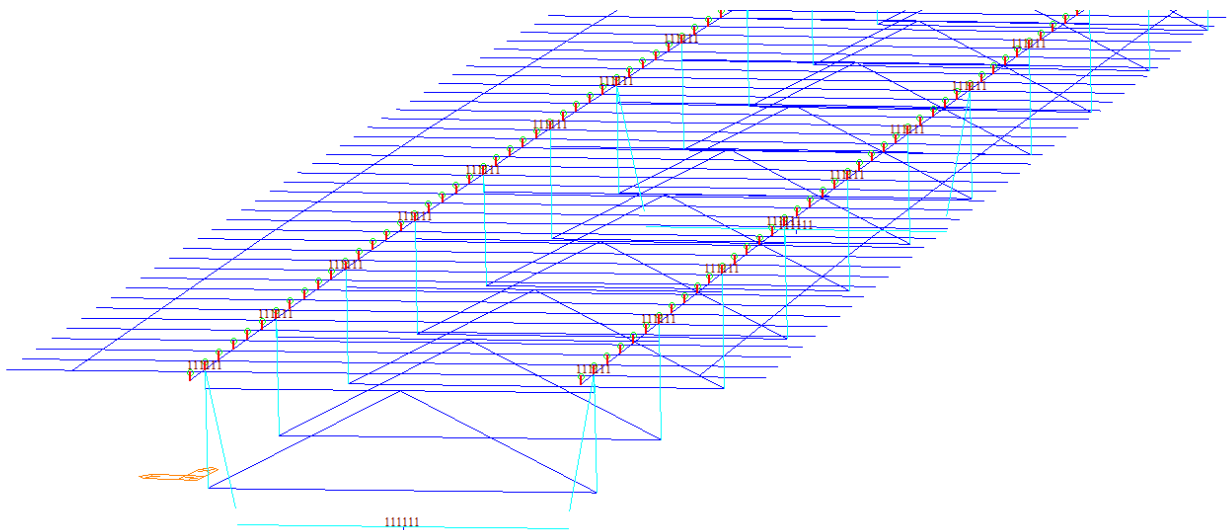
Figura 47 –Proprietà geometriche delle travi miste con sezione fessurata (esempio sez.tipo 12)



**Figura 48 – Vista in pianta estrusa delle travi miste**

Al fine di ottenere una corretta ripartizione trasversale dei carichi, sono state modellate aste trasversali rappresentative di porzioni di soletta di larghezza pari alla discretizzazione adottata nel modello (sono le stesse aste del modello "Mod01\_g1", alle quali stavolta è assegnata la reale rigidezza della soletta, opportunamente ridotta per tener conto degli effetti della viscosità sui carichi a lungo termine). Tali elementi "soletta" sono inoltre utili per applicare i vari carichi agenti nella reale posizione sull'impalcato.

Il collegamento tra i nodi delle travi e i nodi delle aste trasversali "soletta" è stata modellato attraverso elementi rigidi (in rosso nell'immagine seguente), ai quali è stato assegnato uno svincolo rispetto alla rotazione intorno all'asse della trave.



**Figura 49 – Modellazione delle aste trasversali "soletta" e del loro collegamento con le travi**

### Modellazione delle azioni agenti

I carichi verticali  $g_2$  sono stati modellati come carichi per unità di lunghezza o come forze nodali agenti sugli elementi "beam" rappresentativi della soletta.

L'effetto del ritiro è stato modellato attraverso l'applicazione di una variazione termica equivalente uniforme sull'altezza della soletta (esclusa la predalla). Poiché ai "beam" delle travi sono state assegnate le proprietà della sezione mista, si è fatto ricorso al comando "Beam section Temperatures".

In riferimento alla figura seguente, risulta:

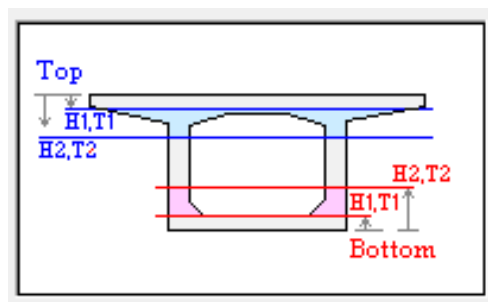
$$H1 = 0 \quad (\text{rispetto estradosso "top"})$$

$$H2 = h_{sol} \quad (\text{rispetto estradosso "top"})$$

$$T1 = T2 = T_{eq}$$

Dove,  $T_{eq} = \epsilon_{cs} / \alpha = \epsilon_{cs} \cdot 10^5$

con  $\alpha$  coefficiente di dilatazione termica e  $\epsilon_{cs}$  deformazione da ritiro totale definita al §4.3 della presente relazione



**Figura 50 – Comando "beam section temperatures"**

Dall'applicazione di tale procedura si ottengono i soli effetti secondari. Gli effetti primari sulle travi miste sono stati aggiunti direttamente in sede di verifica.



Gli effetti primari consistono in una pressoflessione agente sulla sezione mista:

$$N_{CS} = \epsilon_{CS} E_{C,RID} A_{Sol}$$

$$M_{CS} = \epsilon_{CS} E_{C,RID} A_{Sol} d$$

e in una trazione  $N_{CS}$  (uguale a contraria) agente sulla sola soletta. Dove:

$E_{C,RID}$  è il modulo ridotto (a tempo infinito) del calcestruzzo;

$A_{Sol}$  è l'area della soletta efficace (esclusa la predalla);

$d$  è la distanza tra il baricentro soletta e il baricentro della sezione mista (con  $n=n_{\infty}$ ).

Gli effetti primari sono stati considerati solo per le sezioni e combinazioni cui la soletta è risultata non fessurata.

I cedimenti vincolari sono stati modellati attraverso il comando "*Specified Displacements Supports*". Con tale comando è stato possibile assegnare degli spostamenti imposti ai nodi cui sono assegnati i vincoli fissi (a base pila e sulle spalle). L'entità di tali spostamenti è indicata al §4.4.

L'effetto della viscosità, come già indicato al §4.3, è tenuto in conto attraverso l'applicazione di un modulo elastico ridotto per il calcestruzzo della soletta.

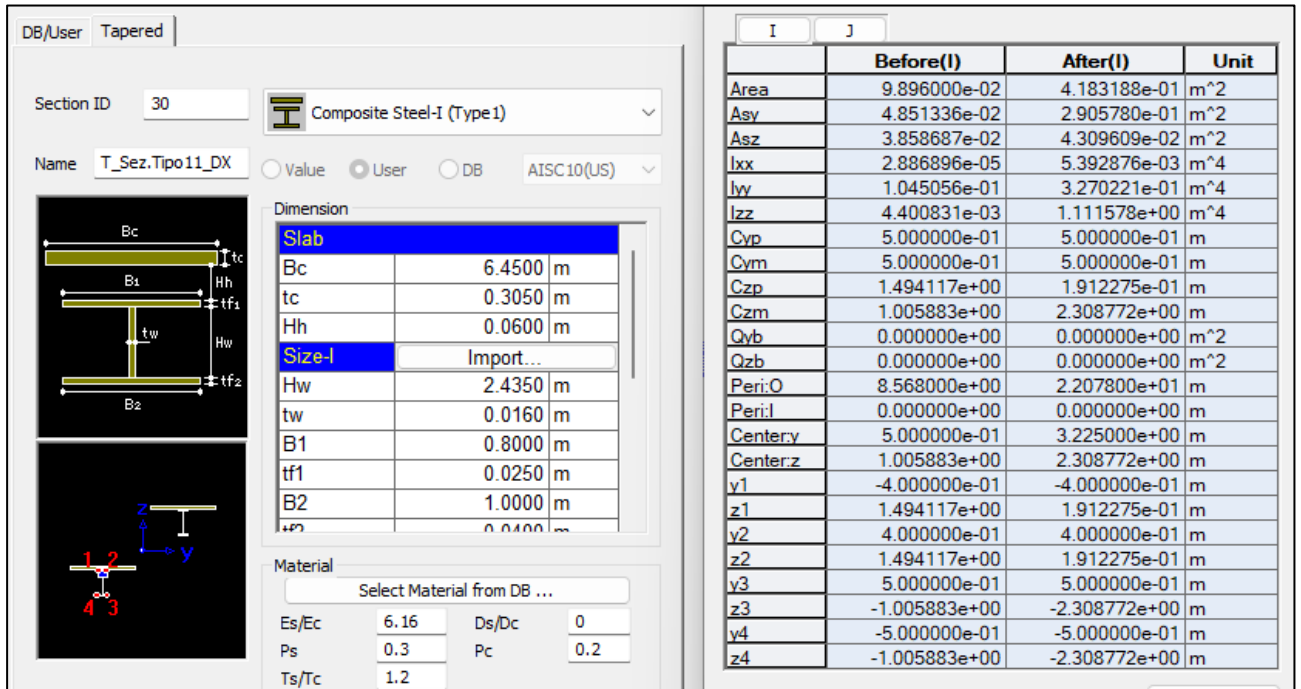
### 6.2.3 Analisi per carichi variabili ("Mod03\_VAR")

#### Geometrie, vincoli e proprietà degli elementi

La differenza con il modello "*Mod\_02\_g2+e2+e4*" sta nel valore del coefficiente di omogeneizzazione della soletta assegnato agli elementi "*beam*" delle travi longitudinali e nel valore del modulo elastico assegnato agli elementi trasversali di soletta.



Per le analisi per carichi variabili il calcestruzzo viene infatti considerato con il modulo elastico a breve termine " $E_{c,0}$ " e, dunque, un coefficiente di omogeneizzazione  $n_0 = E_s / E_{c,0}$ .



The screenshot shows the software interface for defining a Composite Steel-I beam. It includes a diagram of the beam cross-section with dimensions labeled (Bc, B1, B2, Hh, Hw, tc, tf1, tf2, tw). A table lists the dimensions for the 'Slab' and 'Size-I' components. Below that, material properties are defined. On the right, a table shows the geometric properties of the beam, comparing values 'Before(I)' and 'After(I)' for various parameters like Area, Asy, Asz, Ixx, Iyy, Izz, Cyp, Cym, Czp, Czm, Qyb, Qzb, Peri:O, Peri:I, Centery, Centerz, y1, z1, y2, z2, y3, z3, y4, z4.

|         | Before(I)     | After(I)      | Unit |
|---------|---------------|---------------|------|
| Area    | 9.896000e-02  | 4.183188e-01  | m^2  |
| Asy     | 4.851336e-02  | 2.905780e-01  | m^2  |
| Asz     | 3.858687e-02  | 4.309609e-02  | m^2  |
| Ixx     | 2.886896e-05  | 5.392876e-03  | m^4  |
| Iyy     | 1.045056e-01  | 3.270221e-01  | m^4  |
| Izz     | 4.400831e-03  | 1.111578e+00  | m^4  |
| Cyp     | 5.000000e-01  | 5.000000e-01  | m    |
| Cym     | 5.000000e-01  | 5.000000e-01  | m    |
| Czp     | 1.494117e+00  | 1.912275e-01  | m    |
| Czm     | 1.005883e+00  | 2.308772e+00  | m    |
| Qyb     | 0.000000e+00  | 0.000000e+00  | m^2  |
| Qzb     | 0.000000e+00  | 0.000000e+00  | m^2  |
| Peri:O  | 8.568000e+00  | 2.207800e+01  | m    |
| Peri:I  | 0.000000e+00  | 0.000000e+00  | m    |
| Centery | 5.000000e-01  | 3.225000e+00  | m    |
| Centerz | 1.005883e+00  | 2.308772e+00  | m    |
| y1      | -4.000000e-01 | -4.000000e-01 | m    |
| z1      | 1.494117e+00  | 1.912275e-01  | m    |
| y2      | 4.000000e-01  | 4.000000e-01  | m    |
| z2      | 1.494117e+00  | 1.912275e-01  | m    |
| y3      | 5.000000e-01  | 5.000000e-01  | m    |
| z3      | -1.005883e+00 | -2.308772e+00 | m    |
| y4      | -5.000000e-01 | -5.000000e-01 | m    |
| z4      | -1.005883e+00 | -2.308772e+00 | m    |

Figura 51 – Proprietà geometriche delle travi miste a "tempo zero" (esempio sez.tipo 11)

### Modellazione delle azioni agenti

L'azione del vento è stata modellata attraverso forze per unità di lunghezza agenti sugli elementi dell'impalcato e delle pile.

La termica differenziale con andamento lineare è stata modellata attraverso il comando "*Temperature Gradient*". Tale comando consiste nell'applicazione di una curvatura anelastica alle travi miste pari a:

$$\chi_0 = \alpha \Delta T / h$$

con "α" coefficiente di dilatazione termica, "h" altezza della sezione e "ΔT" variazione termica (§4.11.2).

Per il gradiente termico trave-soletta è stata applicata la stessa procedura utilizzata per modellare l'azione da ritiro della soletta. In tal caso la variazione termica applicata è pari a ±10°C.

Come per il ritiro, anche per il gradiente termico si otterranno i solo effetti secondari. Gli effetti primari, aggiunti in sede di verifica delle travi, consistono in una pressoflessione agente sulla sezione mista:

$$N_{\Delta T} = \alpha \Delta T E_c A_{sol}$$

$$M_{\Delta T} = \alpha \Delta T E_c A_{sol} d$$

e in una trazione  $N_{\Delta T}$  (uguale a contraria) agente sulla sola soletta. Dove:

$E_c$  è il modulo elastico del calcestruzzo a "tempo zero";

$A_{sol}$  è l'area della soletta efficace (esclusa la predalla);

$d$  è la distanza tra il baricentro soletta e il baricentro della sezione mista (con  $n=n_0$ ).

Gli effetti primari sono stati considerati solo per le sezioni e combinazioni cui la soletta è risultata non fessurata

L'azione termica uniforme è stata applicata assegnando un delta termico agli elementi presenti nel modello.

I carichi mobili verticali sono stati modellati attraverso una "Moving Load Analysis".

Tale analisi è stata definita come segue:

- sono state associate le corsie convenzionali a degli elementi "*beam*" fittizi disposti lungo il filo interno dei cordoli. I carichi vengono poi applicati nella reale posizione della corsia in funzione dell'eccentricità assegnata (calcolata proprio rispetto al "*beam*" fittizio).

Al fine di massimizzare i carichi in entrambe le travi, le corsie sono state considerate in due diverse configurazioni:

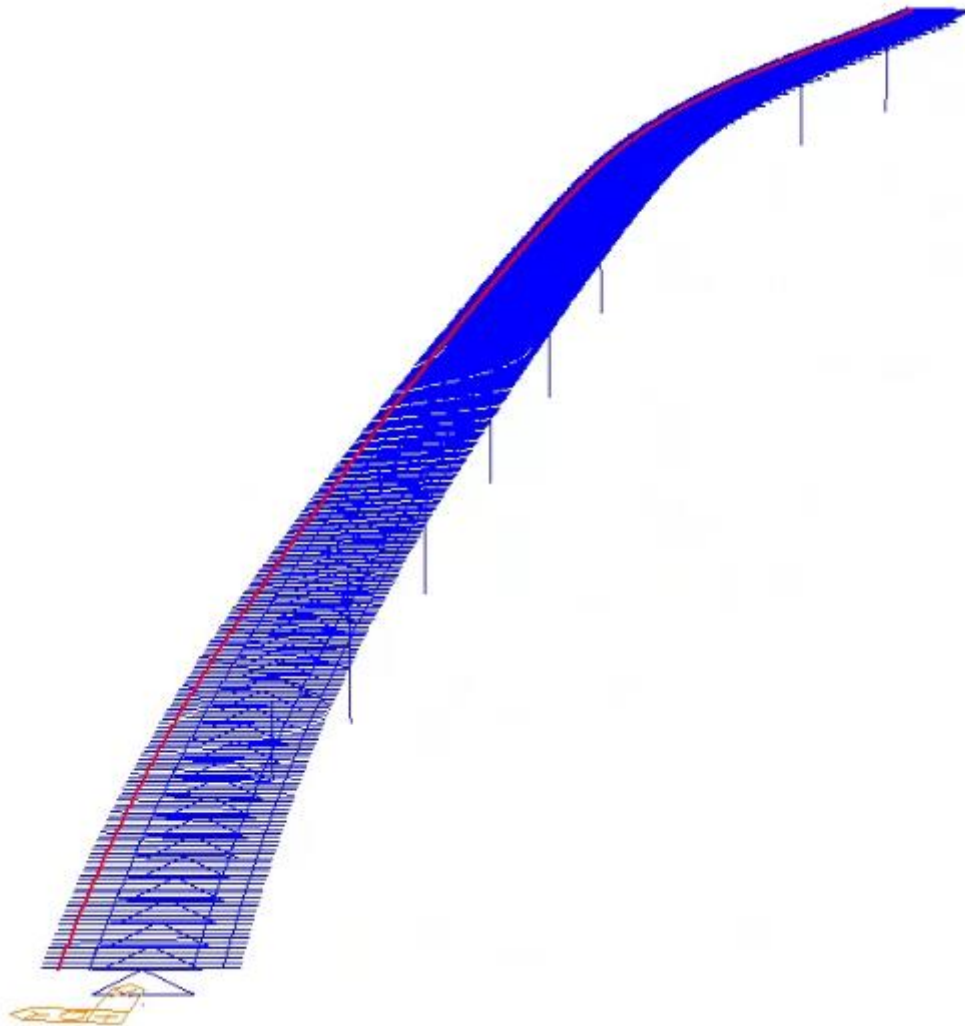
- **LC1:** corsia "A" adiacente al filo interno del "*cordolo 1*" e a susseguirsi le altre due ("B" e "C") fino all'area rimanente, la quale è adiacente al "*cordolo 2*". La posizione delle corsie 1, 2 e 3 (come definite dalle NTC2018) viene assegnata alle corsie "A", "B" e "C" con permutazione circolare;
- **LC2:** corsia "A" adiacente al filo interno del "*cordolo 2*" e a susseguirsi le altre due ("B" e "C") fino all'area rimanente, la quale è adiacente al "*cordolo 1*". La posizione delle corsie 1, 2 e 3 (come definite dalle NTC2018) viene assegnata alle corsie "A", "B" e "C" con permutazione circolare;

Le aree rimanenti tengono conto della loro reale estensione. Così come indicato al §4.5, si è assunta una larghezza media della corsia rimanente, differenziando per ogni campata.

- In seguito, sono stati definiti i carichi mobili verticali;
- Infine, sono stati definiti i vari casi di carico.

Si rimanda al §4.5 per maggiori indicazioni sui carichi mobili verticali e sulla geometria delle corsie.

In via esplicativa, nelle immagini seguenti si evidenziano, in colore rosso, gli elementi "beam" fittizi corrispondenti al filo interno del "cordolo 2" e la posizione della "corsia A" nella configurazione "LC2".



**Figura 52 – Elementi fittizi "cordolo 2"**

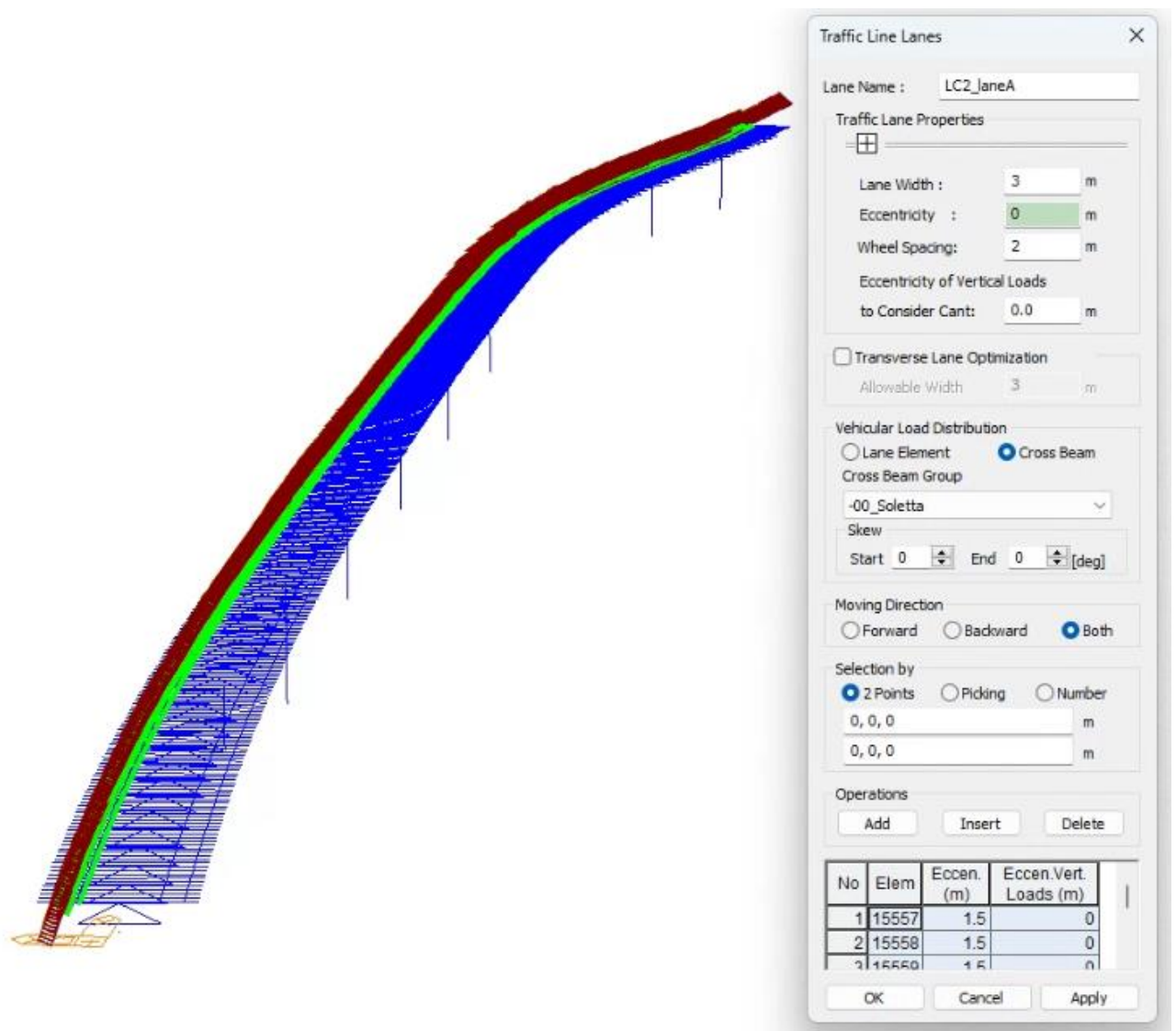


Figura 53 – Posizione della corsia A" (eccentricità rispetto filo interno cordoli = 1.50m)

L'incremento dinamico dei carichi da traffico in corrispondenza dei giunti è stato applicato a posteriori (in fase di verifica).

Le azioni da traffico orizzontali sono state considerate come carichi uniformemente distribuiti o puntuali agenti sulle "lane" precedentemente definite.

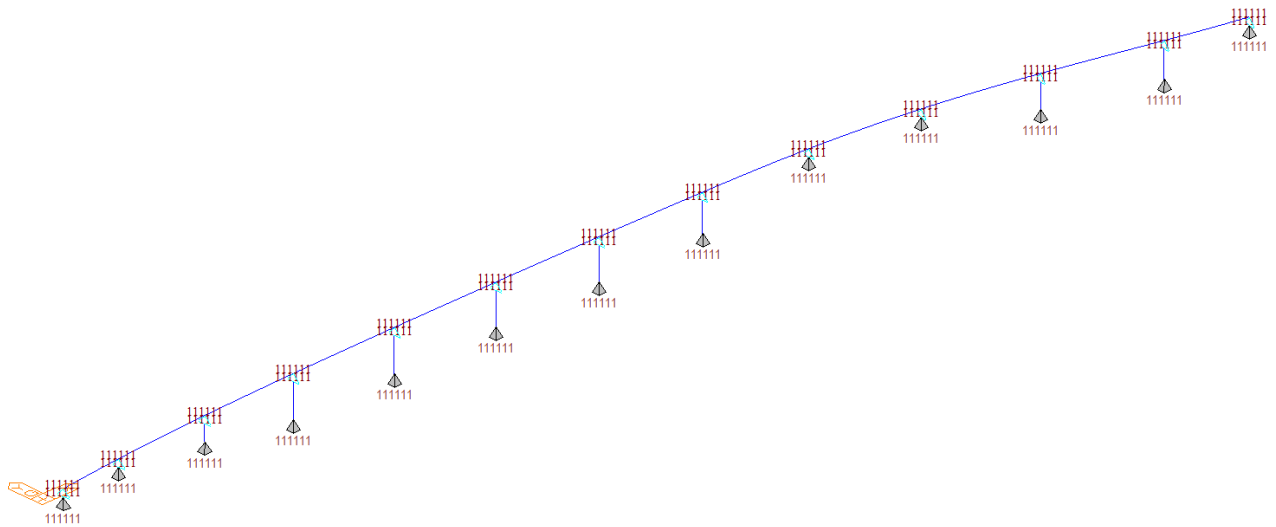
## 6.2.4 Analisi sismiche ("Mod04\_Sismica")

### Geometrie, vincoli e proprietà degli elementi

La geometria del modello utilizzato per le analisi sismiche si differenzia dagli altri per la modellazione dell'impalcato: per quest'ultimo si abbandona infatti la modellazione a graticcio (e quindi la modellazione esplicita di travi e traversi) e si adotta una modellazione di tipo unifilare.

L'impalcato è quindi modellato con elementi "beam" rappresentativi dell'intera sezione costituita dalle due travi e dalla soletta.

L'elemento "beam" di impalcato è poi connesso agli appoggi, e quindi alle sottostrutture, tramite link di tipo rigido ("rigid link").



**Figura 54 – Modello unifilare per analisi sismiche – vista 3D**

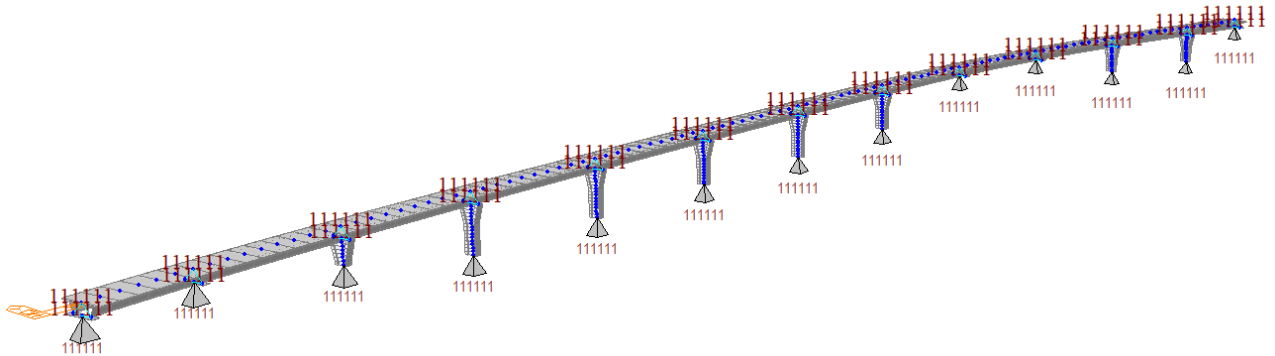


Figura 55 – Modello unifilare per analisi sismiche – vista 3D estrusa

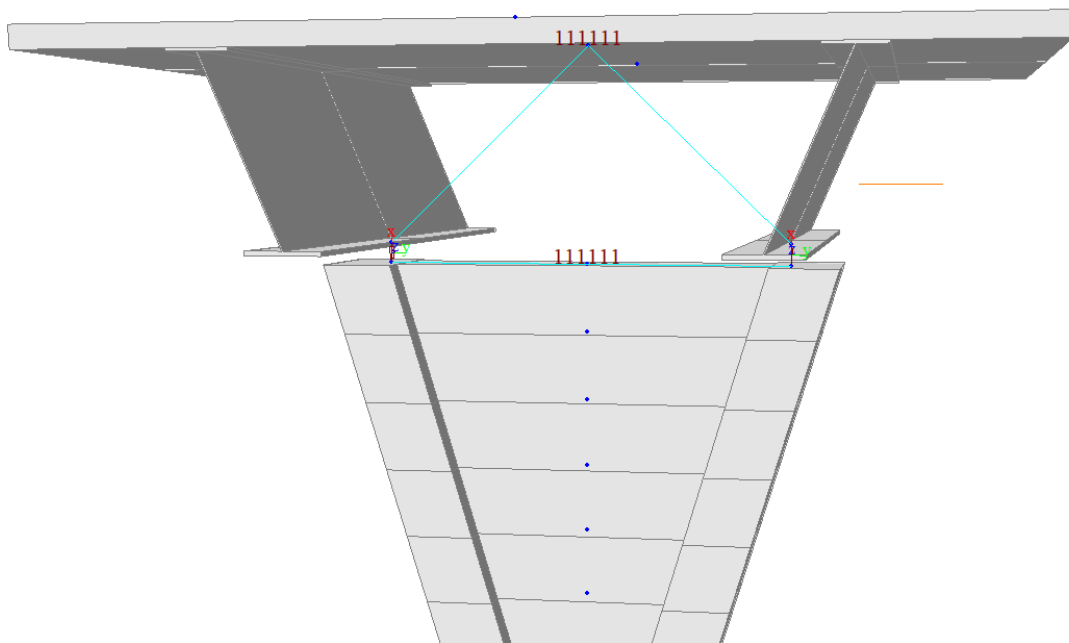
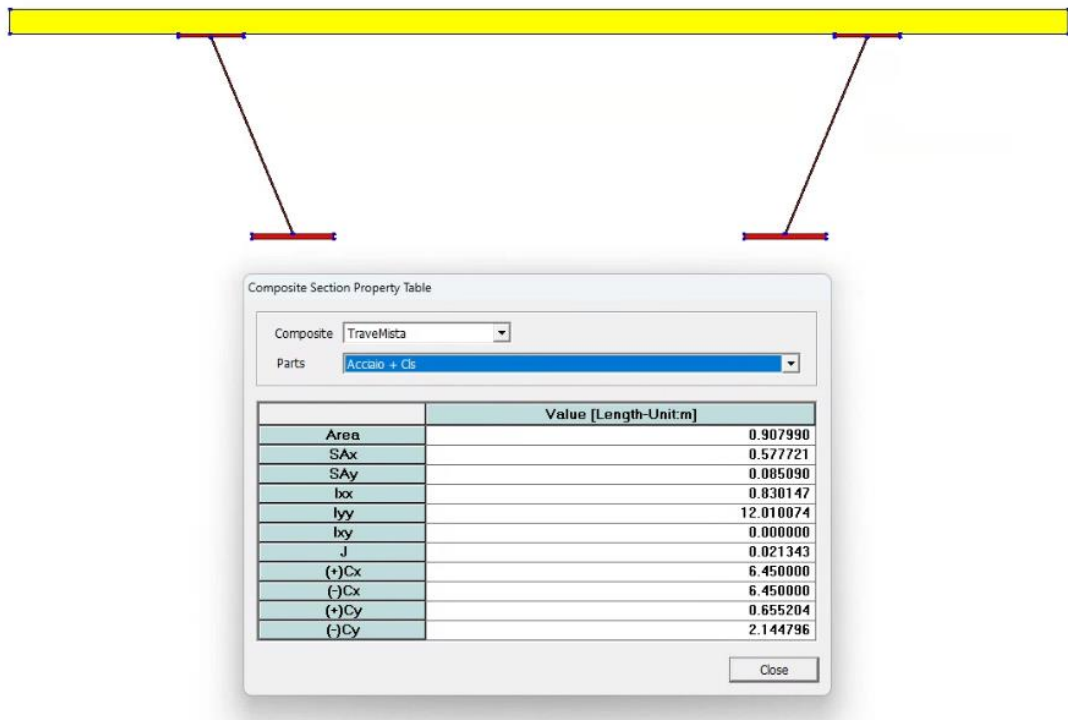


Figura 56 – Modello unifilare per analisi sismiche – dettaglio del collegamento tra impalcato, appoggi e pila



**Figura 57 – Proprietà della sezione assegnata all'elemento unifilare di impalcato**

Le masse associate ai carichi permanenti g1 e g2 agenti sull'impalcato sono state distribuite sugli elementi "beam", seguendo quando indicato nell'analisi dei carichi riportata in Tabella 6 e Tabella 7. Agli elementi di impalcato è quindi stata assegnata massa nulla.

Tale modello è stato suddiviso in tre sotto-modelli, i quali si differenziano per le rigidzze assegnate agli isolatori (condizioni nominali, Upper Bound e Lower Bound). Si rimanda al §6.2.5 per maggiori dettagli.

### Modellazione dell'azione sismica

La risposta della struttura è stata valutata attraverso analisi dinamiche lineari (modale con spettri di risposta).



La combinazione tra gli effetti associati a ciascun modo di vibrare è stata eseguita attraverso la "combinazione quadratica completa" (CQC, §7.3.3.1 delle NTC2018).

Nell'analisi modale sono state considerate le masse associate ai carichi permanenti strutturali  $g_1$  e non strutturali  $g_2$ . Non trattandosi di un viadotto in zona urbana di intenso traffico, non è necessario considerare il 20% dei carichi da traffico nella valutazione delle masse sismiche.

Il numero di modi di vibrare considerato nell'analisi è tale da eccitare almeno l'85% della massa traslazionale (nelle due direzioni orizzontali) ed è tale da attivare entrambi i modi delle pile nelle direzioni principali delle stesse.

L'azione sismica è stata modellata attraverso gli spettri di risposta riportati al §4.13. Lo smorzamento viscoso equivalente associato alla struttura, e con il quale è stato ricavato lo spettro di progetto, è pari al 5% per periodi inferiori a  $0.8T_{ISO}$  ed è pari al 12% per periodi superiori o uguali a  $0.8T_{ISO}$ .

Le direzioni X e Y, lungo le quali è stata considerata agente l'azione sismica, sono state assunte concordi con gli assi globali del modello (la direzione X coincide con la direzione longitudinale del viadotto nel tratto in rettilineo).

### **Modellazione degli effetti della variabilità spaziale del moto sismico**

Gli effetti della variabilità spaziale del moto sono stati modellati imponendo degli spostamenti orizzontali nei nodi alla base delle pile.

In accordo con quanto indicato nelle UNI EN 1998-2 sono stati considerati due set di spostamenti:

- **Set A:** delinea un profilo di spostamenti variabile linearmente con la distanza dal punto fisso, il quale può essere assunto nella spalla A o nella spalla B. Lo spostamento differenziale tra le due spalle è pari a:

$$d_r = \varepsilon_r \cdot L_{tot} \quad \text{si veda §4.13.10 della presente relazione per il calcolo.}$$

Di seguito gli 8 casi di carico del set A:

- A1: spostamenti in X ( $E_{VSM,X}$ ) in direzione  $X>0$  con punto fisso su spalla A;
  - A2: spostamenti in X ( $E_{VSM,X}$ ) in direzione  $X<0$  con punto fisso su spalla A;
  - A3: spostamenti in X ( $E_{VSM,X}$ ) in direzione  $X>0$  con punto fisso su spalla B;
  - A4: spostamenti in X ( $E_{VSM,Y}$ ) in direzione  $X<0$  con punto fisso su spalla B;
  - A5: spostamenti in Y ( $E_{VSM,Y}$ ) in direzione  $Y>0$  con punto fisso su spalla A;
  - A6: spostamenti in Y ( $E_{VSM,Y}$ ) in direzione  $Y<0$  con punto fisso su spalla A;
  - A7: spostamenti in Y ( $E_{VSM,Y}$ ) in direzione  $Y>0$  con punto fisso su spalla B;
  - A8: spostamenti in Y ( $E_{VSM,Y}$ ) in direzione  $Y<0$  con punto fisso su spalla B.
- **Set B:** è composto da spostamenti in direzione opposta fra due pile consecutive. Lo spostamento differenziale tra due pile adiacenti è a pari a:

$$\Delta_{di} = \pm \beta \varepsilon_r \cdot L_{av,i}$$

Con  $\beta$  e  $\varepsilon_r$  definitivi al §4.13.10 della presente relazione e  $L_{av,i}$  pari alla distanza media del supporto "i" rispetto a quelli adiacenti. Di seguito i 4 casi di carico del set B:

- B1: spostamenti in X ( $E_{VSM,X}$ ) opposti tra pile adiacenti – caso 1;
- B2: spostamenti in X ( $E_{VSM,X}$ ) opposti tra pile adiacenti – caso 2;
- B3: spostamenti in Y ( $E_{VSM,Y}$ ) opposti tra pile adiacenti – caso 1;
- B4: spostamenti in Y ( $E_{VSM,Y}$ ) opposti tra pile adiacenti – caso 2.

Si riportano nelle tabelle seguenti gli spostamenti implementati nel modello.

Azione sismica SLV:

|     | x<br>[m] | A1 (Ex)<br>dri,X [m] | A2 (Ex)<br>dri,X [m] | A3 (Ey)<br>dri,X [m] | A4 (Ey)<br>dri,X [m] | A5 (Ex)<br>dri,Y [m] | A6 (Ex)<br>dri,Y [m] | A7 (Ey)<br>dri,Y [m] | A8 (Ey)<br>dri,Y [m] |
|-----|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| SA  | 0.0      | 0.000                | 0.000                | 0.120                | -0.120               | 0.000                | 0.000                | 0.120                | -0.120               |
| P1  | 35.0     | 0.008                | -0.008               | 0.112                | -0.112               | 0.008                | -0.008               | 0.112                | -0.112               |
| P2  | 85.0     | 0.018                | -0.018               | 0.101                | -0.101               | 0.018                | -0.018               | 0.101                | -0.101               |
| P3  | 135.0    | 0.029                | -0.029               | 0.090                | -0.090               | 0.029                | -0.029               | 0.090                | -0.090               |
| P4  | 185.0    | 0.040                | -0.040               | 0.080                | -0.080               | 0.040                | -0.040               | 0.080                | -0.080               |
| P5  | 235.0    | 0.051                | -0.051               | 0.069                | -0.069               | 0.051                | -0.051               | 0.069                | -0.069               |
| P6  | 285.0    | 0.061                | -0.061               | 0.058                | -0.058               | 0.061                | -0.061               | 0.058                | -0.058               |
| P7  | 335.0    | 0.072                | -0.072               | 0.047                | -0.047               | 0.072                | -0.072               | 0.047                | -0.047               |
| P8  | 385.0    | 0.083                | -0.083               | 0.037                | -0.037               | 0.083                | -0.083               | 0.037                | -0.037               |
| P9  | 435.0    | 0.094                | -0.094               | 0.026                | -0.026               | 0.094                | -0.094               | 0.026                | -0.026               |
| P10 | 480.0    | 0.103                | -0.103               | 0.016                | -0.016               | 0.103                | -0.103               | 0.016                | -0.016               |
| P11 | 525.0    | 0.113                | -0.113               | 0.006                | -0.006               | 0.113                | -0.113               | 0.006                | -0.006               |
| SB  | 555.0    | 0.120                | -0.120               | 0.000                | 0.000                | 0.120                | -0.120               | 0.000                | 0.000                |

**Tabella 55 – Variabilità spaziale del moto sismico - SLV. Spostamenti imposti alla base delle pile/spalle. Set "A"**

|     | Lav,i<br>[m] | B1 (Ex)<br>dri,X [m] | B2 (Ex)<br>dri,X [m] | B3 (Ey)<br>dri,Y [m] | B4 (Ey)<br>dri,Y [m] |
|-----|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| SA  | 35.0         | 0.002                | -0.002               | 0.002                | -0.002               |
| P1  | 42.5         | -0.002               | 0.002                | -0.002               | 0.002                |
| P2  | 50.0         | 0.003                | -0.003               | 0.003                | -0.003               |
| P3  | 50.0         | -0.003               | 0.003                | -0.003               | 0.003                |
| P4  | 50.0         | 0.003                | -0.003               | 0.003                | -0.003               |
| P5  | 50.0         | -0.003               | 0.003                | -0.003               | 0.003                |
| P6  | 50.0         | 0.003                | -0.003               | 0.003                | -0.003               |
| P7  | 50.0         | -0.003               | 0.003                | -0.003               | 0.003                |
| P8  | 50.0         | 0.003                | -0.003               | 0.003                | -0.003               |
| P9  | 47.5         | -0.003               | 0.003                | -0.003               | 0.003                |
| P10 | 45.0         | 0.002                | -0.002               | 0.002                | -0.002               |
| P11 | 37.5         | -0.002               | 0.002                | -0.002               | 0.002                |
| SB  | 30.0         | -0.002               | 0.002                | -0.002               | 0.002                |

**Tabella 56 – Variabilità spaziale del moto sismico - SLV. Spostamenti imposti alla base delle pile/spalle. Set "B"**

Azione sismica SLC:

|     | x<br>[m] | A1 (Ex)<br>dri,X [m] | A2 (Ex)<br>dri,X [m] | A3 (Ey)<br>dri,X [m] | A4 (Ey)<br>dri,X [m] | A5 (Ex)<br>dri,Y [m] | A6 (Ex)<br>dri,Y [m] | A7 (Ey)<br>dri,Y [m] | A8 (Ey)<br>dri,Y [m] |
|-----|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| SA  | 0.0      | 0.000                | 0.000                | 0.160                | -0.160               | 0.000                | 0.000                | 0.160                | -0.160               |
| P1  | 35.0     | 0.010                | -0.010               | 0.150                | -0.150               | 0.010                | -0.010               | 0.150                | -0.150               |
| P2  | 85.0     | 0.025                | -0.025               | 0.136                | -0.136               | 0.025                | -0.025               | 0.136                | -0.136               |
| P3  | 135.0    | 0.039                | -0.039               | 0.121                | -0.121               | 0.039                | -0.039               | 0.121                | -0.121               |
| P4  | 185.0    | 0.053                | -0.053               | 0.107                | -0.107               | 0.053                | -0.053               | 0.107                | -0.107               |
| P5  | 235.0    | 0.068                | -0.068               | 0.092                | -0.092               | 0.068                | -0.068               | 0.092                | -0.092               |
| P6  | 285.0    | 0.082                | -0.082               | 0.078                | -0.078               | 0.082                | -0.082               | 0.078                | -0.078               |
| P7  | 335.0    | 0.097                | -0.097               | 0.063                | -0.063               | 0.097                | -0.097               | 0.063                | -0.063               |
| P8  | 385.0    | 0.111                | -0.111               | 0.049                | -0.049               | 0.111                | -0.111               | 0.049                | -0.049               |
| P9  | 435.0    | 0.126                | -0.126               | 0.035                | -0.035               | 0.126                | -0.126               | 0.035                | -0.035               |
| P10 | 480.0    | 0.139                | -0.139               | 0.022                | -0.022               | 0.139                | -0.139               | 0.022                | -0.022               |
| P11 | 525.0    | 0.152                | -0.152               | 0.009                | -0.009               | 0.152                | -0.152               | 0.009                | -0.009               |
| SB  | 555.0    | 0.160                | -0.160               | 0.000                | 0.000                | 0.160                | -0.160               | 0.000                | 0.000                |

**Tabella 57 – Variabilità spaziale del moto sismico - SLC. Spostamenti imposti alla base delle pile/spalle. Set "A"**

|     | Lav,i<br>[m] | B1 (Ex)<br>dri,X [m] | B2 (Ex)<br>dri,X [m] | B3 (Ey)<br>dri,Y [m] | B4 (Ey)<br>dri,Y [m] |
|-----|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| SA  | 35.0         | 0.003                | -0.003               | 0.003                | -0.003               |
| P1  | 42.5         | -0.003               | 0.003                | -0.003               | 0.003                |
| P2  | 50.0         | 0.004                | -0.004               | 0.004                | -0.004               |
| P3  | 50.0         | -0.004               | 0.004                | -0.004               | 0.004                |
| P4  | 50.0         | 0.004                | -0.004               | 0.004                | -0.004               |
| P5  | 50.0         | -0.004               | 0.004                | -0.004               | 0.004                |
| P6  | 50.0         | 0.004                | -0.004               | 0.004                | -0.004               |
| P7  | 50.0         | -0.004               | 0.004                | -0.004               | 0.004                |
| P8  | 50.0         | 0.004                | -0.004               | 0.004                | -0.004               |
| P9  | 47.5         | -0.003               | 0.003                | -0.003               | 0.003                |
| P10 | 45.0         | 0.003                | -0.003               | 0.003                | -0.003               |
| P11 | 37.5         | -0.003               | 0.003                | -0.003               | 0.003                |
| SB  | 30.0         | -0.002               | 0.002                | -0.002               | 0.002                |

**Tabella 58 – Variabilità spaziale del moto sismico - SLC. Spostamenti imposti alla base delle pile/spalle. Set "B"**

I risultati ottenuti sono poi stati combinati con i risultati della spettrale attraverso un SRSS:

$$\bar{E}_x = 1.00 \cdot \sqrt[2]{E_x^2 + E_{VSM,x}^2} + 0.30 \cdot \sqrt[2]{E_y^2 + E_{VSM,y}^2} + 0.30 \cdot E_z$$

$$\bar{E}_y = 0.30 \cdot \sqrt[2]{E_x^2 + E_{VSM,x}^2} + 1.00 \cdot \sqrt[2]{E_y^2 + E_{VSM,y}^2} + 0.30 \cdot E_z$$

$$\bar{E}_z = 0.30 \cdot \sqrt[2]{E_x^2 + E_{VSM,x}^2} + 0.30 \cdot \sqrt[2]{E_y^2 + E_{VSM,y}^2} + 1.00 \cdot E_z$$

### 6.2.5 Modellazione del sistema di isolamento

Come già specificato, gli isolatori elastomerici sono stati modellati attraverso "*Elastic Link*" caratterizzati da una rigidezza orizzontale "k" pari alla rigidezza equivalente del dispositivo. La rigidezza equivalente può considerarsi costante per deformazioni a taglio dell'elastomero comprese tra  $\gamma=100\%$  e  $\gamma=200\%$ , ovvero per i tipici campi di deformazioni massime che si ottengono in condizioni sismiche SLV e SLC.

La rigidezza assegnata nei modelli è dunque pari a:

$$k = G_{din}(\gamma=1) \cdot A / H$$

con " $G_{din}(\gamma=1)$ " modulo di taglio dinamico per deformazioni a taglio pari al 100% e con "A" ed "H" rispettivamente area ed altezza della parte in elastomero del dispositivo.

Per il sistema di isolamento si è dunque adottata una modellazione lineare.

Per le analisi sismiche, la capacità dissipativa dei dispositivi è tenuta in conto direttamente all'interno dello spettro di risposta, attraverso un abbattimento delle ordinate spettrali.

In accordo con quanto indicato al §7.10.5.1 delle NTC2018, le proprietà meccaniche del sistema di isolamento sono state "modificate" tenendo conto delle condizioni più sfavorevoli che si possono verificare durante il periodo di ritorno  $V_R$  considerato.

Le NTC non riportano una procedura per valutare la variabilità di tali caratteristiche meccaniche. Dunque, si è fatto riferimento alla normativa UNI EN 1998-2, secondo la quale le analisi sismiche devono essere svolte per le due seguenti condizioni di progetto:

- condizione di *"Upper Bound"*: nel caso di isolatori elastomerici si assume una rigidità orizzontale maggiorata rispetto al valore nominale. Come risultato si ottengono delle condizioni più sfavorevoli per le forze trasmesse dal sistema di isolamento e quindi alle sottostrutture;
- condizione di *"Lower Bound"*; nel caso di isolatori elastomerici si assume una rigidità orizzontale ridotta rispetto al valore nominale. Come risultato si ottengono delle condizioni più sfavorevoli per gli spostamenti.

La rigidità equivalente dei dispositivi elastomerici risulta poco influenzata dagli effetti di basse temperature, invecchiamento, contaminazione e usura. Si assume comunque una variabilità del  $\pm 20\%$  comprensiva anche della variabilità legata alla fornitura.

Il modello utilizzato per ricavare le sollecitazioni sismiche è il modello *"Mod04 Sismica-UB"* (caratteristiche *"Upper Bound"* degli isolatori).

Il modello utilizzato per ricavare gli spostamenti sismici è il modello *"Mod04 Sismica-LB"* (caratteristiche *"Lower Bound"* degli isolatori).

Il modello *"Mod04\_Sismica"* è stato utilizzato solo per la valutazione della risposta modale della struttura.

Per le analisi statiche sono state assegnate ai link le proprietà nominali degli isolatori.

## 6.2.6 Numerazione di nodi, degli elementi e dei link

Nel presente paragrafo si riporta la numerazione dei nodi, degli elementi e dei link adottata nei modelli.

Le travi principali sono state discretizzate con passo pari a 1m e in corrispondenza dei punti di giunzione tra conci adiacenti.

La numerazione dei nodi e degli elementi è la seguente:

Trave 1. Procedendo da SB a SA ("X" crescenti):

elementi da 1000 a 1600;

nodi da 1000 a 1557 e da 3000 a 3043 in corrispondenza delle giunzioni

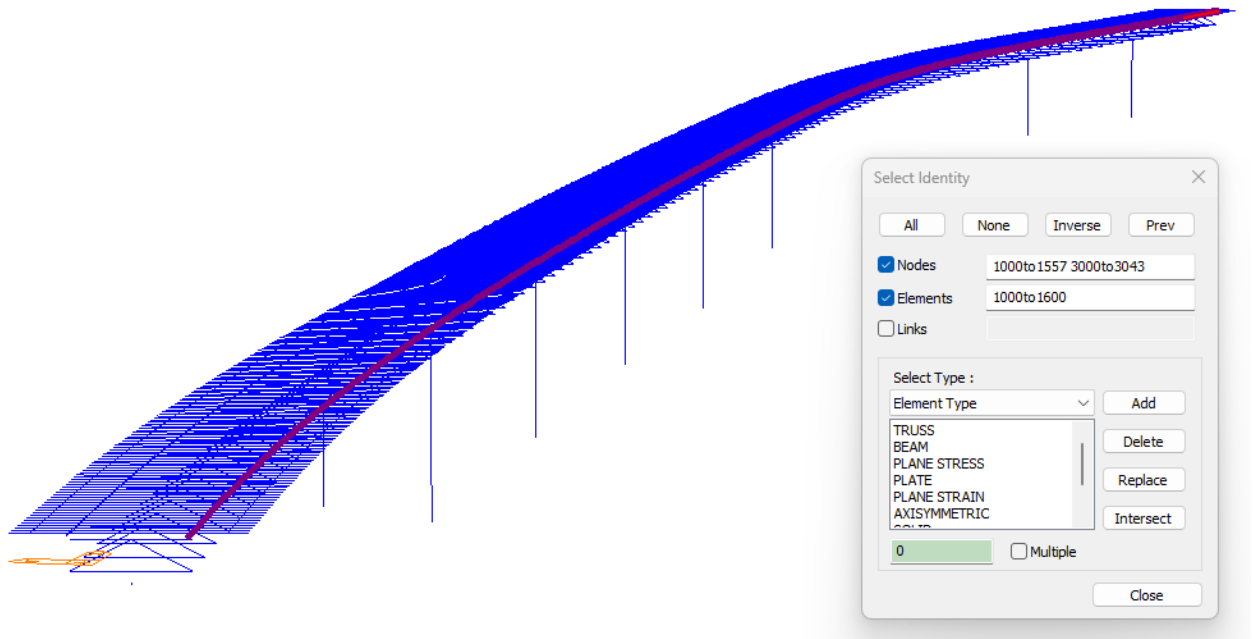
Trave 2. Procedendo da SB a SA ("X" crescenti):

elementi da 2000 a 2600;

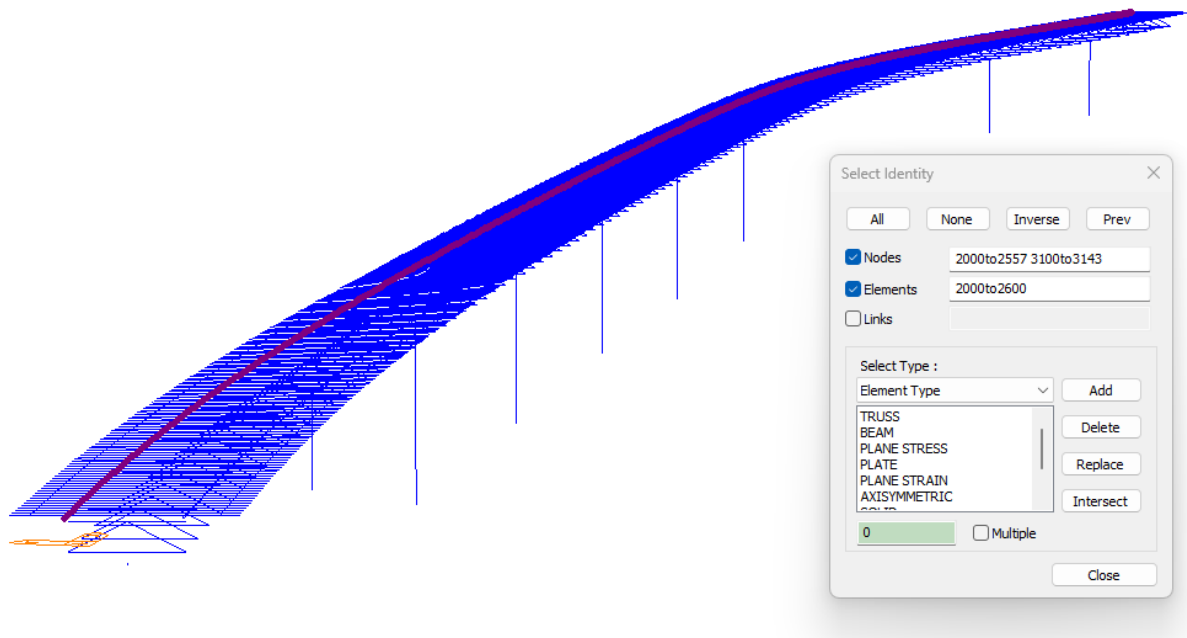
nodi da 2000 a 2557 e da 3100 a 3143 in corrispondenza delle giunzioni

Nelle figure seguenti vengono evidenziate la trave 1 (T1) e la trave 2 (T2) e la numerazione di nodi ed elementi.

Per maggiori indicazioni sulla posizione di nodi ed elementi si rimanda al capitolo relativo alle verifiche delle travi (documento T03\_VI01\_STR\_RE01).



**Figura 58 – Numerazione nodi/elementi della trave 1 (trave su lato destro procedendo nel verso del “X” crescenti, ovvero da SB a SA)**



**Figura 59 – Numerazione nodi/elementi della Trave 2 (trave su lato sinistro procedendo nel verso del “X” crescenti, ovvero da SB a SA)**

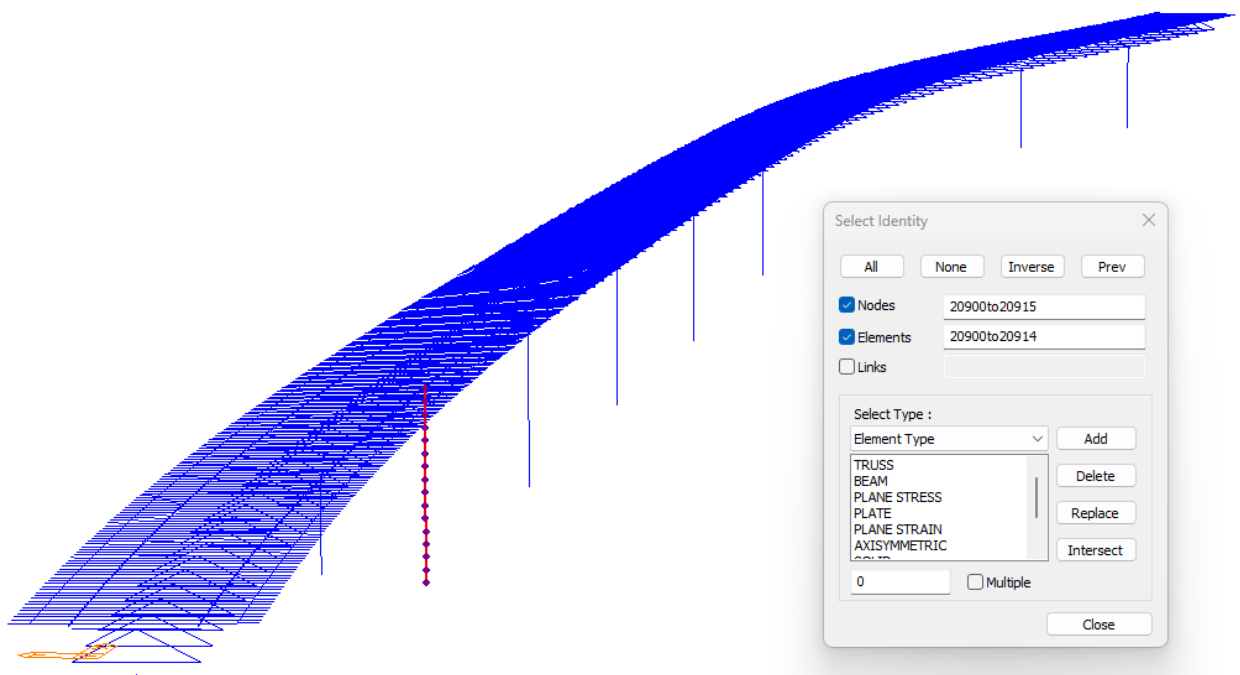


Per le pile la numerazione segue il seguente criterio:

elementi/nodi "2XXYY": dove XX è la codifica della pila, YY è l'elemento/nodo numero YY conteggiando nel verso delle Z crescenti.

Il nodo e l'elemento di base avranno la codifica "2XX00"

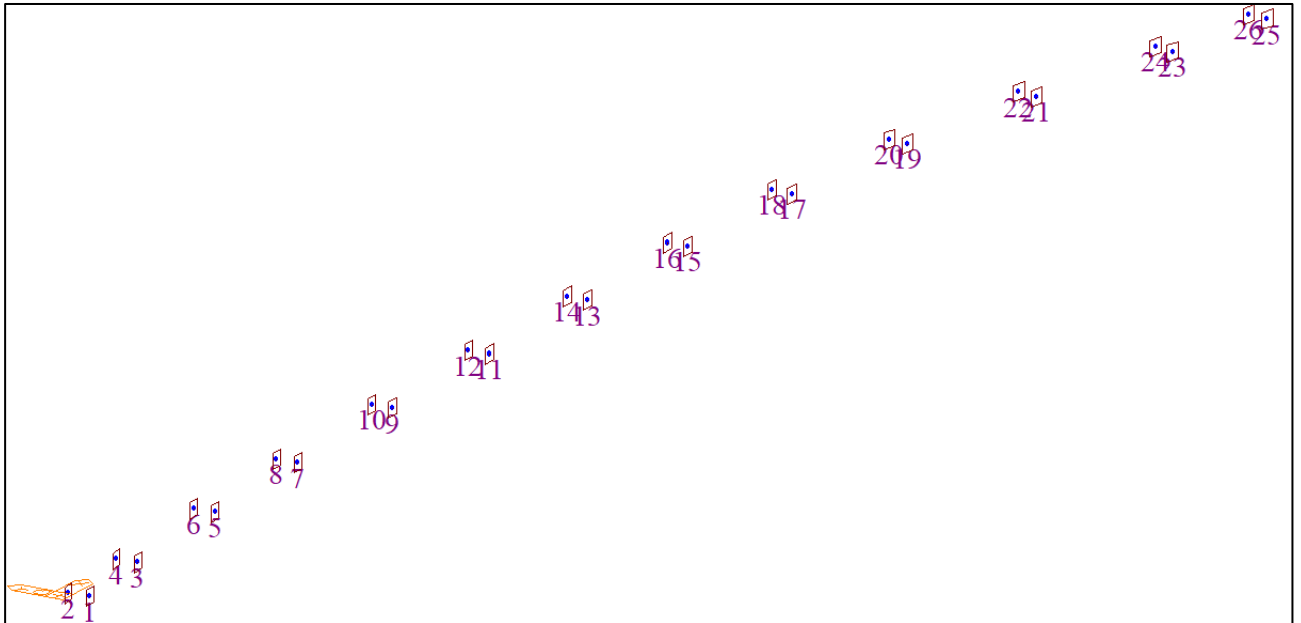
Si riporta nelle immagini seguenti l'esempio della pila P9. Il nodo di base della pila è il numero 20900. L'elemento di base è il numero 20900.



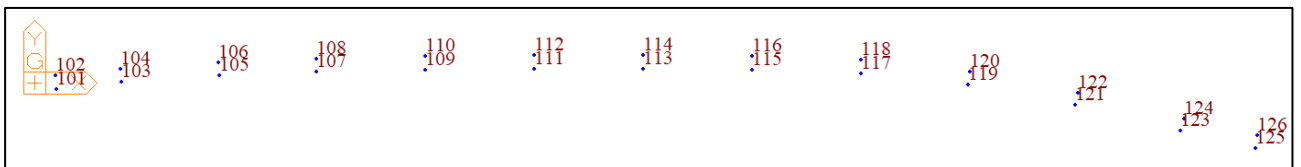
**Figura 60 – Numerazione nodi/elementi della Pila P9**

Si riporta di seguito la numerazione dei link degli appoggi e dei nodi posti ad estradosso e a intradosso degli appoggi.

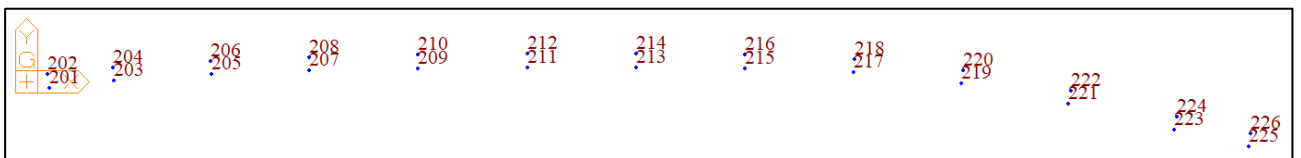
La numerazione segue il verso delle "X" crescenti.



**Figura 61 – Numerazione dei link degli appoggi**



**Figura 62 – Numerazione dei nodi superiori dei link degli appoggi**



**Figura 63 – Numerazione dei nodi inferiori dei link degli appoggi**

## 6.2.7 Casi di carico implementati

Si riporta l'elenco dei casi di carico implementati nei modelli. Tra parentesi si riporta il modello di calcolo a cui si è fatto riferimento per l'estrazione dell'output.

- **g1** (mod01): carichi permanenti strutturali (acciaio + soletta + sottostrutture);
- **g2** (mod02): carichi permanenti non strutturali;
- **ε2** (mod02): ritiro della soletta (solo effetti secondari);
- **ε4\_i** (mod02): cedimenti differenziali in fondazione – caso "i";
- **ε4** (mod02): inviluppo dei vari casi di cedimenti differenziali in fondazione;
- **q1\_car\_LC1** (mod03): moving load analysis per *Modello di Carico N°1 – valori caratteristici (car) – scenario 1 (massime sollecitazioni su trave 1)*;
- **q1\_car\_LC2** (mod03): moving load analysis per *Modello di Carico N°1 – valori caratteristici (car) – scenario 2 (massime sollecitazioni su trave 2)*;
- **q1\_car** (mod03): moving load analysis per *Modello di Carico N°1 – valori caratteristici (car) – inviluppo tra gli scenari 1 e 2*;
- **q1\_frq\_LC1** (mod03): moving load analysis per *Modello di Carico N°1 – valori frequenti (frq) – scenario 1 (massime sollecitazioni su trave 1)*;
- **q1\_frq\_LC2** (mod03): moving load analysis per *Modello di Carico N°1 – valori frequenti (frq) – scenario 2 (massime sollecitazioni su trave 2)*;
- **q1\_frq** (mod03): moving load analysis per *Modello di Carico N°1 – valori frequenti (frq) – inviluppo tra gli scenari 1 e 2*;
- **q1\_fatLM3\_LC1** (mod03): moving load analysis per *Modello di Carico N°3 per verifiche a fatica – scenario 1 (massime sollecitazioni su trave 1)*;

- q1\_fatLM3\_LC2 (mod03): moving load analysis per *Modello di Carico N°3 per verifiche a fatica – scenario 2 (massime sollecitazioni su trave 2)*;
- q1\_fatLM3 (mod03): moving load analysis per *Modello di Carico N°3 per verifiche a fatica – inviluppo tra gli scenari 1 e 2*;
- q3 (mod03): azione di accelerazione o frenamento (inviluppo dei casi considerati);
- q4 (mod03): azione centrifuga (inviluppo dei casi considerati);
- q5\_trasv[+] (mod03): vento trasversale in direzione Y positive;
- q5\_trasv[-] (mod03): vento trasversale in direzione Y negative;
- q5\_vert[-]\_ecc[+] (mod03): azione del vento verticale sull'impalcato diretta dall'altro verso il basso, con eccentricità in direzione Y positive;
- q5\_vert[-]\_ecc[-] (mod03): azione del vento verticale sull'impalcato diretta dall'altro verso il basso, con eccentricità in direzione Y negative;
- q5[+] (mod03): azione del vento trasversale + verticale che massimizza le azioni sulla trave esterna in direzione Y positive: "q5\_trasv[+] + q5\_vert[+]\_ecc[+]";
- q5[-] (mod03): azione del vento trasversale + verticale che massimizza le azioni sulla trave esterna in direzione Y negative: "q5\_trasv[-] + q5\_vert[-]\_ecc[-]";
- q5\_long (mod03): azione del vento longitudinale sulle pile;
- q7\_ΔTn\_exp (mod03): variazione termica uniforme di espansione;
- q7\_ΔTn+ΔT0\_exp (mod03): variazione termica uniforme di espansione per il calcolo di spostamenti in appoggi e giunti (maggiorata di ΔT<sub>0</sub>);
- q7\_ΔTn\_con (mod03): variazione termica uniforme di contrazione;
- q7\_ΔTn+ΔT0\_con (mod03): variazione termica uniforme di contrazione per il calcolo di spostamenti in appoggi e giunti (maggiorata di ΔT<sub>0</sub>);

- **q7\_ΔTm\_heat** (mod03): variazione termica lineare sull'altezza dell'impalcato per riscaldamento;
- **q7\_ΔTm\_cool** (mod03): variazione termica lineare sull'altezza dell'impalcato per raffreddamento;
- **q7\_ΔT10\_heat** (mod03): gradiente termico trave-soletta di 10°C per riscaldamento (solo effetti secondari);
- **q7\_ΔT10\_cool** (mod03): gradiente termico trave-soletta di 10°C per raffreddamento (solo effetti secondari);
- **E\_SLD-x** (mod04): azione sismica SLD agente in direzione X;
- **E\_SLD-y** (mod04): azione sismica SLD agente in direzione Y;
- **E\_SLD-z** (mod04): azione sismica SLD agente in direzione Z;
- **E\_SLV-x** (mod04): azione sismica SLV agente in direzione X;
- **E\_SLV-y** (mod04): azione sismica SLV agente in direzione Y;
- **E\_SLV-z** (mod04): azione sismica SLV agente in direzione Z;
- **E\_SLC-x** (mod04): azione sismica SLC agente in direzione X;
- **E\_SLC-y** (mod04): azione sismica SLC agente in direzione Y;
- **E\_SLC-z** (mod04): azione sismica SLC agente in direzione Z;
- **E\_VSM\_SLV-x**(mod04): effetti della variabilità spaziale del moto per sisma SLV agente in direzione X (involuppo dei casi considerati: set A e B);
- **E\_VSM\_SLV-y**(mod04): effetti della variabilità spaziale del moto per sisma SLV agente in direzione Y (involuppo dei casi considerati: set A e B);

- E\_VSM\_SLC-x(mod04): effetti della variabilità spaziale del moto per sisma SLC agente in direzione X (involuppo dei casi considerati: set A e B);
- E\_VSM\_SLC-y(mod04): effetti della variabilità spaziale del moto per sisma SLV agente in direzione Y (involuppo dei casi considerati: set A e B).

Le direzioni X, Y e Z dell'azione sismica sono definite nel §4.13.9 e sono coincidenti con gli assi globali del modello.

Le analisi per traffico e vento verticale sono state condotte con lo scopo di massimizzare le sollecitazioni su entrambe le travi.

## 6.3 RISULTATI DELLE ANALISI GLOBALI

Si riportano di seguito i risultati più significativi ottenuti dalle analisi globali svolte, ovvero:

- Risultati delle analisi modali;
- Sollecitazioni elementari agenti sulle sezioni più significative delle pile;
- Diagrammi di sollecitazioni elementari sulle pile;
- Scarichi elementari sulle spalle.

### 6.3.1 Analisi modale

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati dell'analisi modale in termini di periodi propri e masse partecipanti associate ai modi di vibrare.

Nelle tre tabelle si riportano, rispettivamente, i risultati ottenuti dalla modellazione con proprietà nominali dei dispositivi, con proprietà "Upper Bound "e con proprietà "Lower Bound".

Nell'analisi sono stati considerati i primi 100 modi di vibrare.

| ANALISI CON CARATTERISTICHE NOMINALI DEGLI ISOLATORI |                 |         |        |         |        |         |        |
|--|-----------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| Mode No  | Period<br>[sec] | TRAN-X  |        | TRAN-Y  |        | TRAN-Z  |        |
|  |                 | MASS[%] | SUM(%) | MASS[%] | SUM(%) | MASS[%] | SUM(%) |
| 1  | 2.088           | 36.9    | 36.9   | 35.8    | 35.8   | 0.0     | 0.0    |
| 2  | 2.084           | 47.9    | 84.8   | 30.1    | 65.9   | 0.0     | 0.0    |
| 3  | 1.973           | 0.2     | 85.0   | 4.3     | 70.2   | 0.0     | 0.0    |
| 4  | 1.871           | 0.0     | 85.1   | 13.2    | 83.4   | 0.0     | 0.0    |
| 5  | 1.588           | 0.0     | 85.1   | 0.4     | 83.8   | 0.0     | 0.0    |
| 6  | 1.150           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 7  | 0.799           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 8  | 0.578           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 9  | 0.541           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 10   | 0.505           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 11   | 0.463           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.1    |
| 12   | 0.444           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.1    |
| 13   | 0.420           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.3     | 0.4    |
| 14   | 0.385           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.4    |
| 15   | 0.360           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.4    |
| 16   | 0.358           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.5     | 0.9    |
| 17   | 0.336           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.9    |
| 18   | 0.335           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.6     | 1.5    |
| 19   | 0.315           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 3.2     | 4.7    |
| 20   | 0.307           | 0.0     | 85.1   | 0.0     | 83.9   | 0.4     | 5.1    |
| 26   | 0.255           | 2.3     | 87.5   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 49.6   |
| 58   | 0.112           | 0.0     | 93.2   | 2.8     | 86.9   | 0.0     | 64.9   |
| 100  | 0.061           | 0.0     | 94.2   | 0.0     | 93.6   | 0.0     | 77.5   |

Figura 64 - Risultati dell'analisi modale: periodi e masse partecipanti - Caratteristiche NOMINALI degli isolatori

| ANALISI CON CARATTERISTICHE "UPPER BOUND" DEGLI ISOLATORI |                 |         |        |         |        |         |        |
|---|-----------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| Mode No   | Period<br>[sec] | TRAN-X  |        | TRAN-Y  |        | TRAN-Z  |        |
|   |                 | MASS[%] | SUM(%) | MASS[%] | SUM(%) | MASS[%] | SUM(%) |
| 1   | 1.919           | 64.5    | 64.5   | 14.1    | 14.1   | 0.0     | 0.0    |
| 2   | 1.915           | 20.6    | 85.1   | 49.6    | 63.7   | 0.0     | 0.0    |
| 3   | 1.808           | 0.2     | 85.3   | 5.2     | 68.9   | 0.0     | 0.0    |
| 4   | 1.721           | 0.1     | 85.3   | 14.4    | 83.3   | 0.0     | 0.0    |
| 5   | 1.493           | 0.0     | 85.4   | 0.6     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 6   | 1.114           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 7   | 0.787           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 8   | 0.574           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 9   | 0.541           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 10  | 0.505           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.0    |
| 11  | 0.463           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.1    |
| 12  | 0.442           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.1    |
| 13  | 0.420           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.3     | 0.4    |
| 14  | 0.385           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.4    |
| 15  | 0.360           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.4    |
| 16  | 0.358           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.5     | 0.9    |
| 17  | 0.336           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 0.9    |
| 18  | 0.335           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.6     | 1.5    |
| 19  | 0.315           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 3.2     | 4.7    |
| 20  | 0.307           | 0.0     | 85.4   | 0.0     | 83.9   | 0.4     | 5.1    |
| 26  | 0.251           | 2.2     | 87.7   | 0.0     | 83.9   | 0.0     | 49.6   |
| 58  | 0.111           | 0.0     | 93.2   | 2.7     | 86.9   | 0.0     | 64.9   |
| 100   | 0.061           | 0.0     | 94.2   | 0.0     | 93.6   | 0.0     | 77.5   |

Figura 65 - Risultati dell'analisi modale: periodi e masse partecipanti - Caratteristiche UB degli isolatori



| ANALISI CON CARATTERISTICHE "LOWER BOUND" DEGLI ISOLATORI |                 |         |        |         |        |         |        |
|---|-----------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| Mode No   | Period<br>[sec] | TRAN-X  |        | TRAN-Y  |        | TRAN-Z  |        |
|   |                 | MASS[%] | SUM(%) | MASS[%] | SUM(%) | MASS[%] | SUM(%) |
| 1   | 2.318           | 12.7    | 12.7   | 57.4    | 57.4   | 0.0     | 0.0    |
| 2   | 2.314           | 71.9    | 84.6   | 11.2    | 68.6   | 0.0     | 0.0    |
| 3   | 2.198           | 0.2     | 84.8   | 3.3     | 71.9   | 0.0     | 0.0    |
| 4   | 2.073           | 0.0     | 84.8   | 11.6    | 83.5   | 0.0     | 0.0    |
| 5   | 1.704           | 0.0     | 84.8   | 0.3     | 83.8   | 0.0     | 0.0    |
| 6   | 1.189           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.0    |
| 7   | 0.811           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.0    |
| 8   | 0.582           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.0    |
| 9   | 0.542           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.0    |
| 10  | 0.505           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.0    |
| 11  | 0.463           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.1    |
| 12  | 0.445           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.1    |
| 13  | 0.420           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.3     | 0.4    |
| 14  | 0.385           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.4    |
| 15  | 0.361           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.4    |
| 16  | 0.358           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.5     | 0.9    |
| 17  | 0.337           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 0.9    |
| 18  | 0.335           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.6     | 1.5    |
| 19  | 0.315           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 3.1     | 4.7    |
| 20  | 0.307           | 0.0     | 84.8   | 0.0     | 83.8   | 0.4     | 5.0    |
| 26  | 0.259           | 2.4     | 87.3   | 0.0     | 83.8   | 0.0     | 49.6   |
| 58  | 0.112           | 0.0     | 93.2   | 2.8     | 86.8   | 0.0     | 64.9   |
| 100   | 0.061           | 0.0     | 94.2   | 0.0     | 93.6   | 0.0     | 77.5   |

Figura 66 - Risultati dell'analisi modale: periodi e masse partecipanti - Caratteristiche LB degli isolatori

Si riportano nelle figure seguenti le deformate modali dei modi di vibrare più significativi per la struttura in esame. Il modello di calcolo di riferimento è il modello "Mod04 Sismica", ovvero quello in cui sono assunte caratteristiche nominali per gli isolatori.

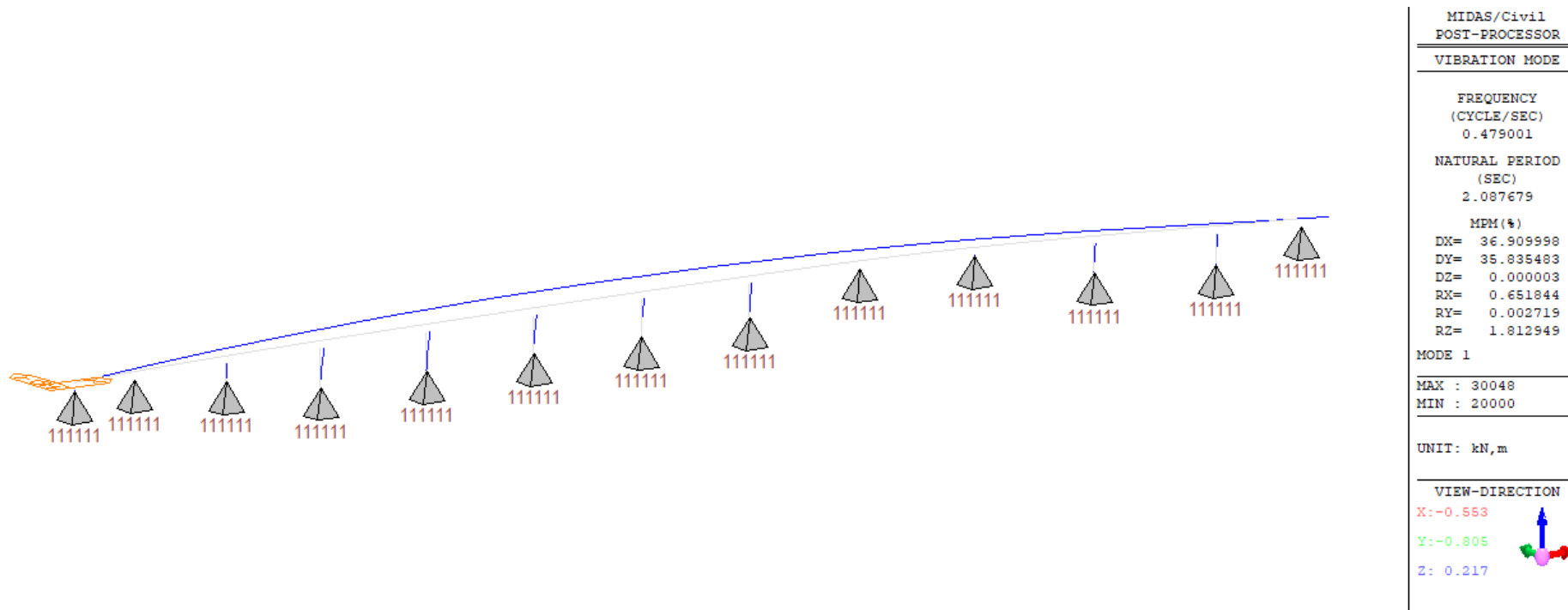


Figura 67 – Analisi modale. Primo modo di vibrare (modello con caratteristiche nominali degli isolatori)

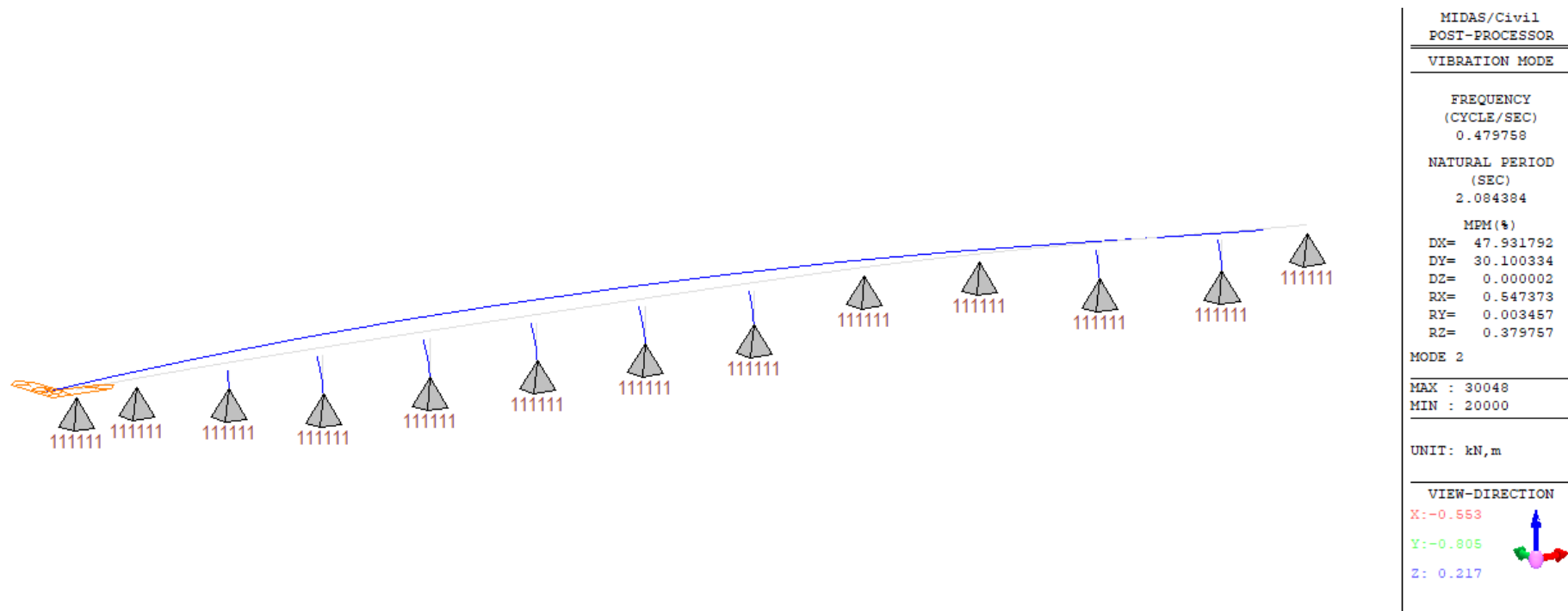


Figura 68 – Analisi modale. Secondo modo di vibrare (modello con caratteristiche nominali degli isolatori)

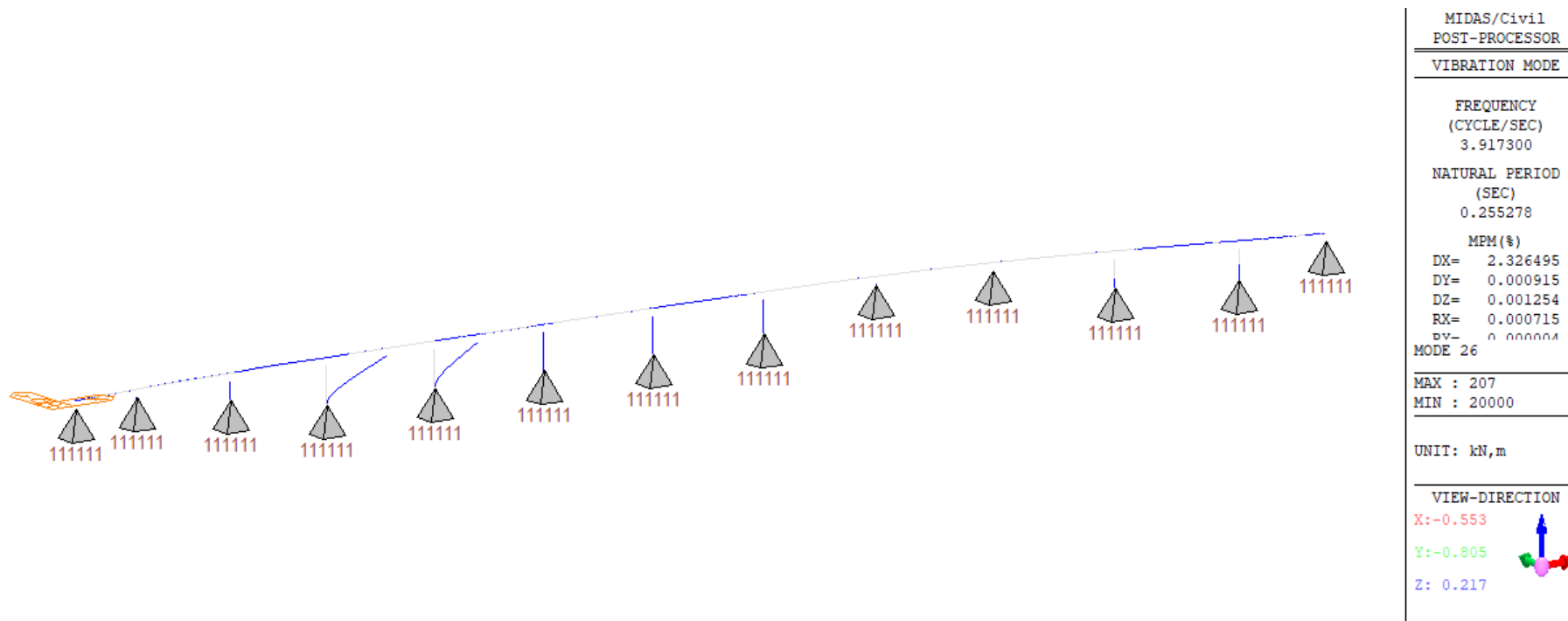


Figura 69 – Analisi modale. Primo modo longitudinale della pila più alta (modello con caratteristiche nominali degli isolatori)

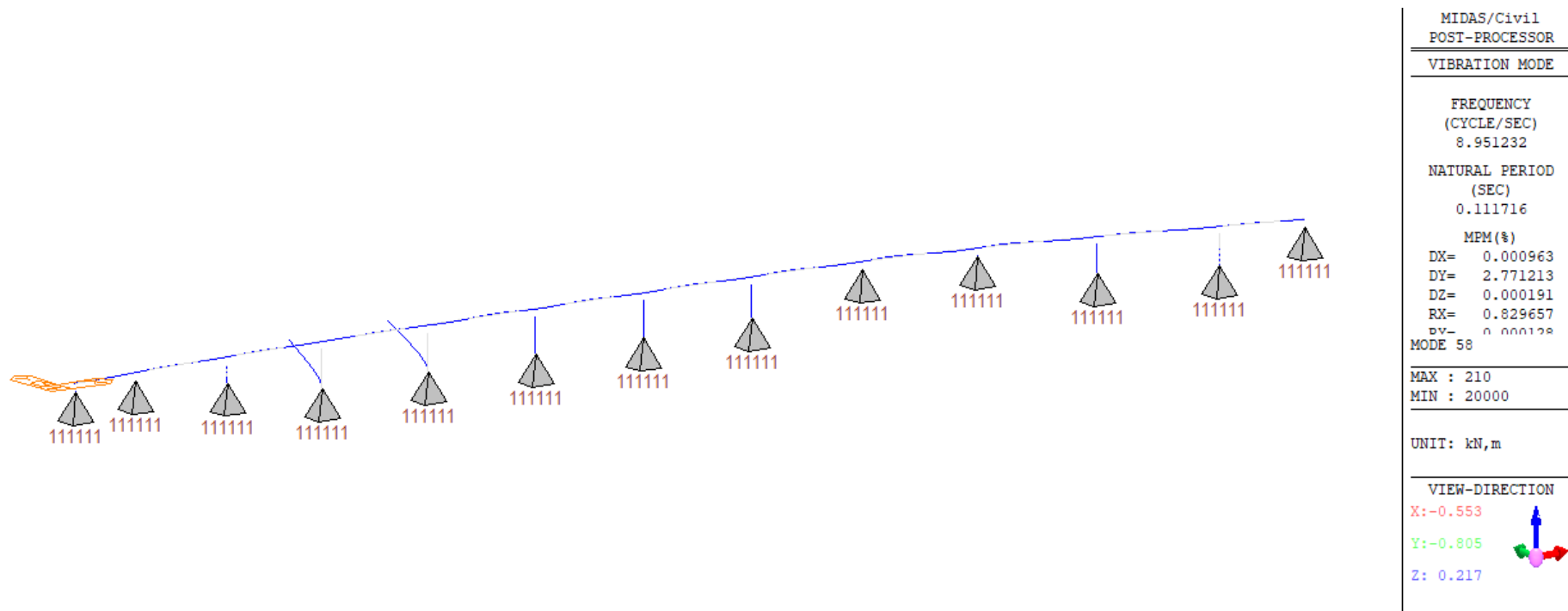


Figura 70 – Analisi modale. Primo modo trasversale della pila più alta (modello con caratteristiche nominali degli isolatori)

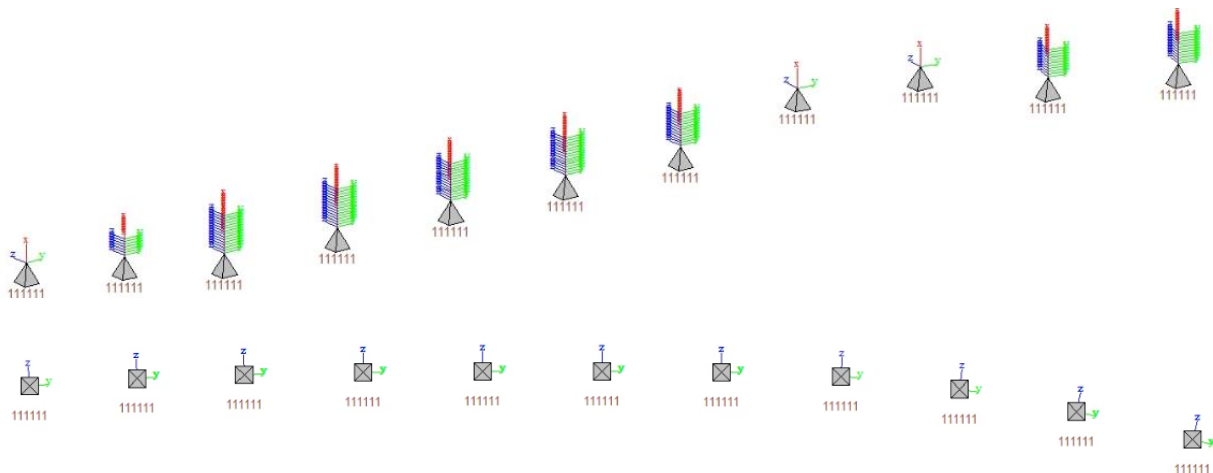
### 6.3.2 Sollecitazioni elementari sulle pile

Si riportano nel presente paragrafo, per i casi di carico analizzati, gli scarichi elementari agenti alla base delle pile e in alcune sezioni di particolare interesse.

Al §6.2.6 si riporta la numerazione dei nodi e degli elementi costituenti i "beam" delle pile nel modello di calcolo.

Nell'immagine seguente (Figura 71), si riporta l'orientazione degli assi locali corrispondenti agli elementi "beam" delle pile.

Gli assi locali seguono l'orientazione della pila: l'asse "y" è concorde all'asse longitudinale della pila, l'asse "z" all'asse trasversale.



**Figura 71 – Orientazione degli assi locali degli elementi "beam" delle pile**

Per la valutazione delle azioni sulle sottostrutture sotto sisma, si è fatto riferimento alle condizioni di "Upper Bound" (condizione più gravosa in termini di sollecitazioni).

Nella valutazione delle sollecitazioni sismiche si è tenuto conto dell'effetto del secondo ordine con un approccio semplificato: si è assunto un momento aggiuntivo costante sulla pila pari allo sforzo normale  $g_1+g_2$  per lo spostamento in testa pila, assunto pari a 20cm.

| <b>P1 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |                          |                      |                      |                |                      |                      |
|--|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|  | Element n°: <b>20100</b> |                      |                      | node: <b>I</b> |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                | <b>N</b>                 | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>       | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>   | <b>[kN]</b>              | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b>   | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1   | 8113                     | -13                  | 1                    | 1              | -144                 | 32                   |
| g2   | 2222                     | 19                   | 0                    | -1             | 236                  | -23                  |
| ε2   | 284                      | -176                 | -4                   | 4              | -2115                | 57                   |
| ε4_1   | -233                     | 0                    | 0                    | 0              | 4                    | -61                  |
| ε4_2   | 215                      | 1                    | 0                    | 0              | 8                    | 54                   |
| q1_car_Nmax  | -346                     | 10                   | -8                   | 2              | 118                  | -753                 |
| q1_car_Nmin  | 3526                     | 19                   | -8                   | -16            | 237                  | 5685                 |
| q1_car_Mmax  | 2679                     | 19                   | -4                   | -22            | 242                  | 7962                 |
| q1_car_Mmin  | 2638                     | 12                   | 2                    | 14             | 138                  | -7919                |
| q1_frq_Nmax  | -192                     | 4                    | -5                   | 1              | 51                   | -420                 |
| q1_frq_Nmin  | 1832                     | 8                    | -5                   | -8             | 107                  | 2991                 |
| q1_frq_Mmax  | 1413                     | 9                    | -3                   | -11            | 114                  | 4071                 |
| q1_frq_Mmin  | 1390                     | 5                    | 2                    | 6              | 53                   | -4051                |
| q3(±)  | -1                       | 76                   | 4                    | 2              | 917                  | 54                   |
| q4   | 0                        | -3                   | -71                  | -14            | -32                  | -1062                |
| q5_trasV[+]  | -4                       | -97                  | 567                  | -4             | -1155                | 8074                 |
| q5_trasV[-]  | 4                        | 97                   | -565                 | 5              | 1160                 | -8048                |
| q5_long(±)   | 0                        | 151                  | 0                    | 0              | 977                  | 1                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                | 623                      | 7                    | -5                   | -6             | 87                   | 1916                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                | 629                      | 9                    | 5                    | 5              | 106                  | -1932                |
| q7_ΔTn_exp   | -5                       | 616                  | 19                   | -10            | 7390                 | 293                  |
| q7_ΔTn_con   | 3                        | -409                 | -13                  | 7              | -4903                | -194                 |
| q7_ΔTm_heat  | -240                     | -7                   | -1                   | -1             | -85                  | -111                 |
| q7_ΔTm_cool  | 288                      | 8                    | 1                    | 1              | 102                  | 134                  |
| q7_ΔT10_heat   | -122                     | 77                   | 2                    | -2             | 918                  | -22                  |
| q7_ΔT10_cool   | 122                      | -77                  | -2                   | 2              | -918                 | 22                   |
| E_SLV-x (±) / UB                                     | -28                      | 1289                 | 257                  | -11            | 13919                | 3259                 |
| E_SLV-y (±) / UB                                     | 17                       | -296                 | -1151                | -48            | -3146                | -15038               |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                 | -11                      | 426                  | 23                   | 11             | 5106                 | 326                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                 | -2                       | 38                   | 20                   | 17             | 459                  | 281                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                     | -1249                    | -10                  | -4                   | 1              | -103                 | -81                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 2059                 | 180                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 180                  | 2059                 |

Tabella 59 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P1 - sezione di base - element n°20100

| <b>P1 - Sez. z=4m - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|---|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|   | Element n°: <b>20104</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                             | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>                                      | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1  | 7473                                    | -13                  | 1                    | 1            | -93                  | 29                   |
| g2  | 2222                                    | 19                   | 0                    | -1           | 158                  | -22                  |
| ε2  | 284                                     | -176                 | -4                   | 4            | -1410                | 74                   |
| ε4_1  | -233                                    | 0                    | 0                    | 0            | 3                    | -60                  |
| ε4_2  | 215                                     | 1                    | 0                    | 0            | 6                    | 53                   |
| q1_car_Nmax                                       | -346                                    | 10                   | -8                   | 2            | 78                   | -719                 |
| q1_car_Nmin                                       | 3526                                    | 19                   | -8                   | -16          | 163                  | 5719                 |
| q1_car_Mmax                                       | 2686                                    | 19                   | -6                   | -22          | 170                  | 7983                 |
| q1_car_Mmin                                       | 2642                                    | 13                   | 4                    | 15           | 94                   | -7932                |
| q1_frq_Nmax                                       | -192                                    | 4                    | -5                   | 1            | 33                   | -402                 |
| q1_frq_Nmin                                       | 1832                                    | 8                    | -5                   | -8           | 74                   | 3010                 |
| q1_frq_Mmax                                       | 1416                                    | 9                    | -4                   | -11          | 80                   | 4085                 |
| q1_frq_Mmin                                       | 1392                                    | 5                    | 3                    | 6            | 36                   | -4061                |
| q3(±)   | -1                                      | 76                   | 4                    | 2            | 611                  | 39                   |
| q4  | 0                                       | -3                   | -71                  | -14          | -21                  | -777                 |
| q5_trasV[+]                                       | -4                                      | -97                  | 552                  | -4           | -769                 | 5837                 |
| q5_trasV[-]                                       | 4                                       | 97                   | -550                 | 5            | 772                  | -5818                |
| q5_long(±)  | 0                                       | 108                  | 0                    | 0            | 458                  | 1                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                             | 623                                     | 7                    | -5                   | -6           | 59                   | 1938                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                             | 629                                     | 9                    | 5                    | 5            | 70                   | -1953                |
| q7_ΔTn_exp  | -5                                      | 616                  | 19                   | -10          | 4927                 | 217                  |
| q7_ΔTn_con  | 3                                       | -409                 | -13                  | 7            | -3269                | -144                 |
| q7_ΔTm_heat                                       | -240                                    | -7                   | -1                   | -1           | -57                  | -109                 |
| q7_ΔTm_cool                                       | 288                                     | 8                    | 1                    | 1            | 68                   | 131                  |
| q7_ΔT10_heat                                      | -122                                    | 77                   | 2                    | -2           | 612                  | -29                  |
| q7_ΔT10_cool                                      | 122                                     | -77                  | -2                   | 2            | -612                 | 29                   |
| E_SLV-x (±) / UB                                  | -28                                     | 1259                 | 251                  | -11          | 8846                 | 2268                 |
| E_SLV-y (±) / UB                                  | 17                                      | -288                 | -1128                | -48          | -1981                | -10586               |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                              | -11                                     | 426                  | 23                   | 11           | 3404                 | 233                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                              | -2                                      | 38                   | 20                   | 17           | 306                  | 202                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                  | -1248                                   | -10                  | -4                   | 1            | -62                  | -73                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                         | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 1932                 | 169                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                         | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 169                  | 1932                 |

Tabella 60 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P1 - sezione a z=4m - element n°20104



| <b>P2 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |                          |                      |                      |                |                      |                      |
|--|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|  | Element n°: <b>20200</b> |                      |                      | node: <b>I</b> |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                | <b>N</b>                 | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>       | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>   | <b>[kN]</b>              | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b>   | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1   | 8456                     | -16                  | -1                   | 1              | -164                 | -129                 |
| g2   | 2415                     | 15                   | 2                    | -1             | 167                  | 76                   |
| ε2   | -19                      | -156                 | -20                  | 5              | -1720                | -637                 |
| ε4_1   | 282                      | 0                    | 1                    | 0              | 0                    | -66                  |
| ε4_2   | -262                     | 0                    | -1                   | 0              | -1                   | 66                   |
| q1_car_Nmax  | -402                     | 8                    | -5                   | 5              | 86                   | -748                 |
| q1_car_Nmin  | 3790                     | 12                   | 5                    | -5             | 140                  | 6320                 |
| q1_car_Mmax  | 2872                     | 15                   | 11                   | -8             | 167                  | 8879                 |
| q1_car_Mmin  | 2820                     | 6                    | -8                   | 0              | 73                   | -8707                |
| q1_frq_Nmax  | -211                     | 3                    | -3                   | 3              | 35                   | -406                 |
| q1_frq_Nmin  | 1935                     | 5                    | 1                    | -2             | 57                   | 3235                 |
| q1_frq_Mmax  | 1487                     | 7                    | 3                    | -4             | 76                   | 4427                 |
| q1_frq_Mmin  | 1467                     | 2                    | -2                   | 0              | 26                   | -4362                |
| q3(±)  | 0                        | 87                   | 3                    | 2              | 956                  | 38                   |
| q4   | 0                        | -3                   | -32                  | -8             | -31                  | -442                 |
| q5_trasV[+]  | 4                        | -100                 | 639                  | 1              | -1100                | 8579                 |
| q5_trasV[-]  | -4                       | 100                  | -644                 | 0              | 1104                 | -8646                |
| q5_long(±)   | 0                        | 142                  | 0                    | 0              | 849                  | 5                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                | 686                      | 5                    | 3                    | -1             | 59                   | 2254                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                | 680                      | 8                    | -1                   | 0              | 84                   | -2196                |
| q7_ΔTn_exp   | 0                        | 555                  | 75                   | -11            | 6105                 | 970                  |
| q7_ΔTn_con   | 0                        | -368                 | -50                  | 7              | -4050                | -643                 |
| q7_ΔTm_heat  | 18                       | -10                  | -2                   | -1             | -109                 | 344                  |
| q7_ΔTm_cool  | -21                      | 12                   | 2                    | 2              | 131                  | -413                 |
| q7_ΔT10_heat   | 8                        | 68                   | 9                    | -2             | 744                  | 289                  |
| q7_ΔT10_cool   | -8                       | -68                  | -9                   | 2              | -744                 | -289                 |
| E_SLV-x (±) / UB                                     | 13                       | 1354                 | 269                  | -10            | 13736                | 3366                 |
| E_SLV-y (±) / UB                                     | -17                      | -286                 | 1141                 | -56            | -2867                | 14249                |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                 | -1                       | 386                  | 59                   | 11             | 4242                 | 778                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                 | -1                       | 19                   | 27                   | 19             | 211                  | 350                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                     | -1073                    | -4                   | 2                    | -1             | -43                  | -37                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 2172                 | 102                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 102                  | 2172                 |

Tabella 61 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P2 - sezione di base - element n°20200

| <b>P3 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |                          |                      |                      |                |                      |                      |
|--|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|  | Element n°: <b>20300</b> |                      |                      | node: <b>I</b> |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                | <b>N</b>                 | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>       | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>   | <b>[kN]</b>              | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b>   | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1   | 6259                     | -12                  | -3                   | -1             | 0                    | -67                  |
| g2   | 2366                     | 13                   | 4                    | -1             | 2                    | 109                  |
| ε2   | -54                      | -131                 | -32                  | 2              | -12                  | -673                 |
| ε4_1   | -277                     | 0                    | 0                    | 0              | 0                    | 126                  |
| ε4_2   | 280                      | 0                    | 0                    | 0              | 0                    | -126                 |
| q1_car_Nmax  | -469                     | 10                   | -2                   | -3             | 2                    | -742                 |
| q1_car_Nmin  | 3820                     | 9                    | 14                   | -1             | -6                   | 6390                 |
| q1_car_Mmax  | 2879                     | 8                    | 20                   | 0              | -10                  | 8956                 |
| q1_car_Mmin  | 2837                     | 8                    | -13                  | 0              | 12                   | -8714                |
| q1_frq_Nmax  | -236                     | 5                    | -1                   | -2             | 1                    | -375                 |
| q1_frq_Nmin  | 1947                     | 4                    | 5                    | 0              | -3                   | 3284                 |
| q1_frq_Mmax  | 1491                     | 3                    | 7                    | 1              | -5                   | 4482                 |
| q1_frq_Mmin  | 1476                     | 3                    | -4                   | 0              | 6                    | -4385                |
| q3(±)  | 0                        | 93                   | 1                    | 2              | 9                    | 3                    |
| q4   | 0                        | -2                   | 29                   | -3             | 0                    | 92                   |
| q5_trasV[+]  | 2                        | -63                  | 606                  | 1              | -9                   | 1872                 |
| q5_trasV[-]  | -2                       | 63                   | -615                 | -1             | 9                    | -1896                |
| q5_long(±)   | 0                        | 6                    | 1                    | 0              | 1                    | 1                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                | 674                      | 5                    | 6                    | 0              | -2                   | 2206                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                | 665                      | 6                    | -3                   | 0              | 3                    | -2130                |
| q7_ΔTn_exp   | -9                       | 446                  | 105                  | -8             | 44                   | 187                  |
| q7_ΔTn_con   | 6                        | -296                 | -70                  | 5              | -29                  | -124                 |
| q7_ΔTm_heat  | -1                       | -8                   | 0                    | 0              | -2                   | 595                  |
| q7_ΔTm_cool  | 1                        | 10                   | 0                    | 0              | 2                    | -714                 |
| q7_ΔT10_heat   | 17                       | 56                   | 14                   | -1             | 5                    | 302                  |
| q7_ΔT10_cool   | -17                      | -56                  | -14                  | 1              | -5                   | -302                 |
| E_SLV-x (±) / UB                                     | 13                       | 1183                 | 183                  | -8             | 118                  | 504                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                     | 16                       | -169                 | 998                  | -56            | -20                  | 2839                 |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                 | -4                       | 315                  | 70                   | 8              | 31                   | 156                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                 | -1                       | 4                    | 28                   | 20             | 1                    | 62                   |
| E_SLV-z (±) / UB                                     | -1328                    | -2                   | 3                    | 0              | 0                    | 34                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 1725                 | 42                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 42                   | 1725                 |

Tabella 62 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P3 - sezione di base - element n°20300

| <b>P4 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |                          |                      |                      |                |                      |                      |
|--|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|  | Element n°: <b>20400</b> |                      |                      | node: <b>I</b> |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                | <b>N</b>                 | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>       | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>   | <b>[kN]</b>              | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b>   | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1   | 6412                     | -8                   | -3                   | 2              | 3                    | -221                 |
| g2   | 2374                     | 9                    | 4                    | 1              | 2                    | 66                   |
| ε2   | 71                       | -89                  | -30                  | 0              | -9                   | -732                 |
| ε4_1   | 286                      | 0                    | 1                    | 0              | 0                    | -119                 |
| ε4_2   | -279                     | 0                    | -1                   | 0              | 0                    | 119                  |
| q1_car_Nmax  | -485                     | 8                    | -5                   | -4             | 0                    | -802                 |
| q1_car_Nmin  | 3835                     | 6                    | 13                   | 2              | 6                    | 6376                 |
| q1_car_Mmax  | 2886                     | 4                    | 20                   | 4              | 7                    | 8977                 |
| q1_car_Mmin  | 2848                     | 6                    | -12                  | 0              | -2                   | -8801                |
| q1_frq_Nmax  | -244                     | 4                    | -3                   | -3             | 0                    | -414                 |
| q1_frq_Nmin  | 1953                     | 2                    | 5                    | 1              | 3                    | 3279                 |
| q1_frq_Mmax  | 1493                     | 1                    | 7                    | 2              | 3                    | 4493                 |
| q1_frq_Mmin  | 1479                     | 3                    | -4                   | 0              | -1                   | -4422                |
| q3(±)  | 0                        | 93                   | 1                    | 1              | 9                    | 4                    |
| q4   | 0                        | 1                    | 29                   | 2              | 0                    | 90                   |
| q5_trasV[+]  | 4                        | -8                   | 608                  | -1             | 0                    | 1887                 |
| q5_trasV[-]  | -4                       | 7                    | -617                 | 1              | 0                    | -1909                |
| q5_long(±)   | 0                        | 6                    | 0                    | 0              | 1                    | 1                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                | 675                      | 4                    | 6                    | 0              | 2                    | 2201                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                | 668                      | 4                    | -2                   | 0              | 0                    | -2152                |
| q7_ΔTn_exp   | -19                      | 299                  | 97                   | 0              | 30                   | 172                  |
| q7_ΔTn_con   | 12                       | -198                 | -65                  | 0              | -20                  | -114                 |
| q7_ΔTm_heat  | 5                        | -6                   | -1                   | 1              | 0                    | 550                  |
| q7_ΔTm_cool  | -6                       | 7                    | 1                    | -1             | 0                    | -660                 |
| q7_ΔT10_heat   | -26                      | 37                   | 13                   | 0              | 4                    | 314                  |
| q7_ΔT10_cool   | 26                       | -37                  | -13                  | 0              | -4                   | -314                 |
| E_SLV-x (±) / UB                                     | 13                       | 1196                 | 98                   | -5             | 120                  | 289                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                     | 16                       | -77                  | 1110                 | -50            | -6                   | 3161                 |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                 | -5                       | 212                  | 64                   | 2              | 21                   | 146                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                 | 0                        | 12                   | 28                   | 21             | 1                    | 62                   |
| E_SLV-z (±) / UB                                     | -1432                    | 1                    | 2                    | 0              | -1                   | 29                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 1757                 | 25                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 25                   | 1757                 |

Tabella 63 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P4 - sezione di base - element n°20400

| <b>P5 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |                          |                      |                      |                |                      |                      |
|--|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|  | Element n°: <b>20500</b> |                      |                      | node: <b>I</b> |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                | <b>N</b>                 | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>       | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>   | <b>[kN]</b>              | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b>   | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1   | 9528                     | -3                   | -2                   | 5              | -48                  | 59                   |
| g2   | 2370                     | 4                    | 2                    | 1              | 53                   | 68                   |
| ε2   | -22                      | -40                  | -18                  | -2             | -517                 | -466                 |
| ε4_1   | -285                     | 0                    | 0                    | 0              | 0                    | 34                   |
| ε4_2   | 291                      | 0                    | 0                    | 0              | 1                    | -33                  |
| q1_car_Nmax  | -492                     | 4                    | -6                   | -4             | 57                   | -916                 |
| q1_car_Nmin  | 3833                     | 3                    | 0                    | 2              | 38                   | 6318                 |
| q1_car_Mmax  | 2881                     | 0                    | 6                    | 3              | 11                   | 8958                 |
| q1_car_Mmin  | 2832                     | 3                    | -5                   | 2              | 30                   | -8786                |
| q1_frq_Nmax  | -247                     | 2                    | -3                   | -3             | 29                   | -474                 |
| q1_frq_Nmin  | 1952                     | 1                    | -2                   | 1              | 14                   | 3224                 |
| q1_frq_Mmax  | 1491                     | 0                    | 0                    | 2              | -3                   | 4447                 |
| q1_frq_Mmin  | 1472                     | 2                    | 0                    | 1              | 17                   | -4382                |
| q3(±)  | 0                        | 83                   | 1                    | 1              | 1084                 | 23                   |
| q4   | 0                        | 1                    | 15                   | 2              | 15                   | 247                  |
| q5_trasV[+]  | 0                        | 19                   | 652                  | -3             | 251                  | 9934                 |
| q5_trasV[-]  | 1                        | -20                  | -657                 | 3              | -266                 | -10010               |
| q5_long(±)   | 0                        | 160                  | 0                    | 0              | 1111                 | 4                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                | 672                      | 2                    | 0                    | 0              | 26                   | 2176                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                | 670                      | 2                    | 1                    | 1              | 17                   | -2126                |
| q7_ΔTn_exp   | 9                        | 133                  | 63                   | 3              | 1733                 | 949                  |
| q7_ΔTn_con   | -6                       | -88                  | -42                  | -2             | -1150                | -629                 |
| q7_ΔTm_heat  | -7                       | -2                   | -1                   | 1              | -31                  | 155                  |
| q7_ΔTm_cool  | 8                        | 3                    | 1                    | -1             | 38                   | -185                 |
| q7_ΔT10_heat   | 9                        | 17                   | 8                    | 1              | 215                  | 203                  |
| q7_ΔT10_cool   | -9                       | -17                  | -8                   | -1             | -215                 | -203                 |
| E_SLV-x (±) / UB                                     | -19                      | 1395                 | 45                   | -4             | 16418                | 711                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                     | 8                        | -24                  | 1449                 | -38            | -292                 | 20761                |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                 | -5                       | 93                   | 50                   | 2              | 1206                 | 764                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                 | 0                        | 13                   | 28                   | 20             | 172                  | 415                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                     | -1394                    | 3                    | 3                    | 0              | 33                   | -43                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 2380                 | 12                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                            | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 12                   | 2380                 |

Tabella 64 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P5 - sezione di base - element n°20500

| <b>P6 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|--|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|  | Element n°: <b>20600</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>   | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1   | 10010                                   | 0                    | 0                    | -1           | 6                    | -79                  |
| g2   | 2376                                    | 0                    | 1                    | 0            | 6                    | 11                   |
| ε2   | 9                                       | -2                   | -9                   | -1           | -23                  | -211                 |
| ε4_1   | 294                                     | 0                    | 0                    | 0            | 1                    | -20                  |
| ε4_2   | -288                                    | 0                    | 0                    | 0            | 0                    | 21                   |
| q1_car_Nmax  | -477                                    | 1                    | -3                   | -3           | 9                    | -775                 |
| q1_car_Nmin  | 3827                                    | 0                    | -3                   | 0            | 6                    | 6188                 |
| q1_car_Mmax  | 2871                                    | 0                    | 5                    | -1           | 3                    | 8848                 |
| q1_car_Mmin  | 2841                                    | 0                    | -5                   | 0            | 11                   | -8807                |
| q1_frq_Nmax  | -239                                    | 0                    | -1                   | -2           | 5                    | -393                 |
| q1_frq_Nmin  | 1949                                    | 0                    | -3                   | 0            | 3                    | 3164                 |
| q1_frq_Mmax  | 1490                                    | 0                    | -1                   | 0            | 1                    | 4392                 |
| q1_frq_Mmin  | 1477                                    | 0                    | 1                    | 0            | 6                    | -4377                |
| q3(±)  | 0                                       | 80                   | 0                    | 0            | 1161                 | 4                    |
| q4   | 0                                       | 1                    | 5                    | 1            | 16                   | 90                   |
| q5_trasV[+]  | 0                                       | 23                   | 664                  | 0            | 338                  | 11040                |
| q5_trasV[-]  | 0                                       | -24                  | -667                 | 0            | -355                 | -11079               |
| q5_long(±)   | 0                                       | 172                  | 0                    | 0            | 1311                 | 3                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                | 672                                     | 0                    | 0                    | 0            | 5                    | 2173                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                | 672                                     | 0                    | 0                    | 0            | -3                   | -2160                |
| q7_ΔTn_exp   | -14                                     | -2                   | 37                   | 3            | -32                  | 616                  |
| q7_ΔTn_con   | 10                                      | 1                    | -24                  | -2           | 21                   | -409                 |
| q7_ΔTm_heat  | -1                                      | 0                    | -1                   | 0            | -3                   | 38                   |
| q7_ΔTm_cool  | 1                                       | 0                    | 2                    | 0            | 4                    | -45                  |
| q7_ΔT10_heat   | -4                                      | 0                    | 4                    | 0            | 2                    | 97                   |
| q7_ΔT10_cool   | 4                                       | 0                    | -4                   | 0            | -2                   | -97                  |
| E_SLV-x (±) / UB                                     | -19                                     | 1379                 | 30                   | -8           | 17863                | 517                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                     | -5                                      | -14                  | 1602                 | -20          | -197                 | 24862                |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                 | -4                                      | 24                   | 36                   | 2            | 355                  | 606                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                 | 0                                       | 13                   | 26                   | 20           | 193                  | 436                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                     | -1341                                   | 3                    | 4                    | 0            | 32                   | 52                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                            | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 2477                 | 9                    |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                            | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 9                    | 2477                 |

Tabella 65 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P6 - sezione di base - element n°20600

| <b>P7 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|--|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|  | Element n°: <b>20700</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>   | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1   | 9911                                    | 3                    | -1                   | 1            | 24                   | -20                  |
| g2   | 2365                                    | -4                   | 0                    | 0            | -63                  | 14                   |
| ε2   | 2                                       | 35                   | -6                   | 0            | 512                  | -180                 |
| ε4_1   | -287                                    | 0                    | 0                    | 0            | 2                    | 17                   |
| ε4_2   | 295                                     | 0                    | 0                    | 0            | -1                   | -17                  |
| q1_car_Nmax  | -469                                    | -3                   | -1                   | 2            | -38                  | -718                 |
| q1_car_Nmin  | 3814                                    | -3                   | -2                   | 0            | -51                  | 6185                 |
| q1_car_Mmax  | 2858                                    | -2                   | 5                    | 0            | -39                  | 8841                 |
| q1_car_Mmin  | 2840                                    | -1                   | -5                   | 0            | -32                  | -8803                |
| q1_frq_Nmax  | -234                                    | -1                   | 0                    | 1            | -18                  | -361                 |
| q1_frq_Nmin  | 1944                                    | -1                   | -3                   | 0            | -21                  | 3163                 |
| q1_frq_Mmax  | 1484                                    | -1                   | 0                    | 0            | -17                  | 4390                 |
| q1_frq_Mmin  | 1477                                    | 0                    | 0                    | 0            | -13                  | -4374                |
| q3(±)  | 0                                       | 80                   | 0                    | 0            | 1160                 | 4                    |
| q4   | 0                                       | 1                    | 4                    | -1           | 15                   | 64                   |
| q5_trasV[+]  | 0                                       | 27                   | 669                  | -2           | 398                  | 11119                |
| q5_trasV[-]  | 0                                       | -29                  | -670                 | 1            | -415                 | -11142               |
| q5_long(±)   | 0                                       | 172                  | 0                    | 0            | 1311                 | 1                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                | 670                                     | -1                   | 2                    | 0            | -21                  | 2189                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                | 669                                     | -2                   | -1                   | 0            | -31                  | -2178                |
| q7_ΔTn_exp   | -6                                      | -133                 | 24                   | 1            | -1936                | 404                  |
| q7_ΔTn_con   | 4                                       | 89                   | -16                  | -1           | 1284                 | -268                 |
| q7_ΔTm_heat  | 2                                       | 2                    | -1                   | 0            | 33                   | 56                   |
| q7_ΔTm_cool  | -2                                      | -3                   | 1                    | 0            | -39                  | -67                  |
| q7_ΔT10_heat   | 0                                       | -16                  | 3                    | 0            | -228                 | 78                   |
| q7_ΔT10_cool   | 0                                       | 16                   | -3                   | 0            | 228                  | -78                  |
| E_SLV-x (±) / UB                                     | 14                                      | 1379                 | 38                   | 6            | 17865                | 656                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                     | 4                                       | -16                  | 1607                 | 24           | -223                 | 25002                |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                 | -4                                      | 93                   | 25                   | 2            | 1349                 | 420                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                 | 0                                       | 13                   | 28                   | 20           | 191                  | 461                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                     | -1286                                   | 3                    | -3                   | 0            | 38                   | -42                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                            | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 2455                 | 34                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                            | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 34                   | 2455                 |

Tabella 66 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P7 - sezione di base - element n°20700

| <b>P8 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|--|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|  | Element n°: <b>20800</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>   | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1   | 10211                                   | 10                   | 0                    | 0            | 143                  | 24                   |
| g2   | 2404                                    | -7                   | 1                    | 0            | -109                 | 24                   |
| ε2   | -3                                      | 71                   | -6                   | 0            | 1069                 | -182                 |
| ε4_1   | 292                                     | 0                    | 0                    | 0            | -1                   | -12                  |
| ε4_2   | -288                                    | 0                    | 0                    | 0            | 1                    | 12                   |
| q1_car_Nmax  | -431                                    | -5                   | -1                   | -2           | -72                  | -661                 |
| q1_car_Nmin  | 3811                                    | -6                   | -1                   | 0            | -83                  | 6211                 |
| q1_car_Mmax  | 2868                                    | -5                   | 4                    | 0            | -64                  | 8830                 |
| q1_car_Mmin  | 2851                                    | -3                   | -3                   | -1           | -58                  | -8766                |
| q1_frq_Nmax  | -219                                    | -2                   | 0                    | -1           | -32                  | -339                 |
| q1_frq_Nmin  | 1943                                    | -2                   | -3                   | 0            | -33                  | 3171                 |
| q1_frq_Mmax  | 1488                                    | -2                   | -1                   | 0            | -25                  | 4382                 |
| q1_frq_Mmin  | 1481                                    | -1                   | 1                    | 0            | -26                  | -4356                |
| q3(±)  | 0                                       | 79                   | 0                    | 1            | 1181                 | 6                    |
| q4   | 0                                       | 1                    | 10                   | -1           | 15                   | 190                  |
| q5_trasV[+]  | 0                                       | 31                   | 662                  | 2            | 466                  | 11308                |
| q5_trasV[-]  | 0                                       | -32                  | -663                 | -2           | -484                 | -11335               |
| q5_long(±)   | 0                                       | 176                  | 0                    | 0            | 1378                 | -1                   |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                | 680                                     | -3                   | 3                    | 0            | -40                  | 2242                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                | 679                                     | -3                   | -2                   | 0            | -54                  | -2222                |
| q7_ΔTn_exp   | -12                                     | -261                 | 21                   | 2            | -3920                | 365                  |
| q7_ΔTn_con   | 8                                       | 173                  | -14                  | -1           | 2600                 | -242                 |
| q7_ΔTm_heat  | -5                                      | 4                    | -1                   | 0            | 66                   | 63                   |
| q7_ΔTm_cool  | 6                                       | -5                   | 1                    | 0            | -79                  | -75                  |
| q7_ΔT10_heat   | -2                                      | -31                  | 3                    | 0            | -468                 | 78                   |
| q7_ΔT10_cool   | 2                                       | 31                   | -3                   | 0            | 468                  | -78                  |
| E_SLV-x (±) / UB                                     | -15                                     | 1367                 | 51                   | 3            | 18256                | 898                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                     | 5                                       | -24                  | 1554                 | 45           | -343                 | 24346                |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                 | -3                                      | 181                  | 19                   | 2            | 2711                 | 319                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                 | 0                                       | 12                   | 26                   | 20           | 181                  | 438                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                     | -1229                                   | 6                    | 3                    | 0            | 75                   | 39                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                            | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 2518                 | 158                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                            | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 158                  | 2518                 |

Tabella 67 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P8 - sezione di base - element n°20800

| <b>P9-Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|--|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|  | Element n°: <b>20900</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                              | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>                                       | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1   | 9587                                    | 6                    | -1                   | -1           | 89                   | -41                  |
| g2   | 2253                                    | -13                  | 1                    | 0            | -197                 | 50                   |
| ε2   | 0                                       | 109                  | -7                   | -1           | 1636                 | -262                 |
| ε4_1   | -301                                    | 0                    | 0                    | 0            | -5                   | 32                   |
| ε4_2   | 304                                     | 0                    | 0                    | 0            | 1                    | -32                  |
| q1_car_Nmax  | -450                                    | -8                   | 0                    | -2           | -113                 | -677                 |
| q1_car_Nmin  | 3692                                    | -11                  | -2                   | 5            | -166                 | 6104                 |
| q1_car_Mmax  | 2748                                    | -8                   | 3                    | 4            | -110                 | 8666                 |
| q1_car_Mmin  | 2741                                    | -7                   | -2                   | -6           | -116                 | -8569                |
| q1_frq_Nmax  | -228                                    | -3                   | 0                    | -1           | -50                  | -346                 |
| q1_frq_Nmin  | 1896                                    | -5                   | -3                   | 2            | -71                  | 3149                 |
| q1_frq_Mmax  | 1436                                    | -3                   | -1                   | 2            | -39                  | 4334                 |
| q1_frq_Mmin  | 1437                                    | -3                   | 2                    | -3           | -49                  | -4294                |
| q3(±)  | -1                                      | 79                   | 0                    | 1            | 1180                 | 5                    |
| q4   | 0                                       | 1                    | 19                   | -1           | 15                   | 337                  |
| q5_trasV[+]  | 1                                       | 36                   | 635                  | 7            | 543                  | 10790                |
| q5_trasV[-]  | -1                                      | -37                  | -638                 | -6           | -561                 | -10834               |
| q5_long(±)   | 0                                       | 176                  | 0                    | 0            | 1377                 | -2                   |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                              | 637                                     | -5                   | 2                    | 2            | -70                  | 2093                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                              | 636                                     | -6                   | -2                   | -2           | -89                  | -2074                |
| q7_ΔTn_exp   | -2                                      | -391                 | 21                   | 2            | -5871                | 354                  |
| q7_ΔTn_con   | 2                                       | 260                  | -14                  | -1           | 3895                 | -235                 |
| q7_ΔTm_heat  | -19                                     | 7                    | 0                    | 0            | 99                   | 117                  |
| q7_ΔTm_cool  | 22                                      | -8                   | 1                    | 0            | -118                 | -141                 |
| q7_ΔT10_heat                                       | 1                                       | -47                  | 3                    | 0            | -707                 | 109                  |
| q7_ΔT10_cool                                       | -1                                      | 47                   | -3                   | 0            | 707                  | -109                 |
| E_SLV-x (±) / UB                                   | 34                                      | 1366                 | 57                   | 4            | 18232                | 966                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                   | -8                                      | -37                  | 1424                 | 62           | -504                 | 21673                |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                               | -8                                      | 270                  | 14                   | 2            | 4051                 | 240                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                               | 0                                       | 10                   | 26                   | 20           | 153                  | 441                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                   | 1372                                    | 14                   | -3                   | 0            | 165                  | -40                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                          | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 2341                 | 358                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                          | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 358                  | 2341                 |

Tabella 68 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P9 - sezione di base - element n°20900



| <b>P9 - Sez. z=3m - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|---|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|   | Element n°: <b>20903</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                             | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>                                      | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1  | 9107                                    | 6                    | -1                   | -1           | 70                   | -39                  |
| g2  | 2253                                    | -13                  | 1                    | 0            | -158                 | 47                   |
| ε2  | 0                                       | 109                  | -7                   | -1           | 1309                 | -242                 |
| ε4_1  | -301                                    | 0                    | 0                    | 0            | -4                   | 32                   |
| ε4_2  | 304                                     | 0                    | 0                    | 0            | 1                    | -32                  |
| q1_car_Nmax                                       | -450                                    | -8                   | 0                    | -2           | -91                  | -677                 |
| q1_car_Nmin                                       | 3692                                    | -11                  | -2                   | 5            | -132                 | 6109                 |
| q1_car_Mmax                                       | 2761                                    | -9                   | 2                    | 5            | -101                 | 8659                 |
| q1_car_Mmin                                       | 2744                                    | -7                   | 0                    | -6           | -100                 | -8566                |
| q1_frq_Nmax                                       | -228                                    | -3                   | 0                    | -1           | -40                  | -346                 |
| q1_frq_Nmin                                       | 1896                                    | -5                   | -3                   | 2            | -56                  | 3157                 |
| q1_frq_Mmax                                       | 1443                                    | -3                   | -2                   | 2            | -38                  | 4339                 |
| q1_frq_Mmin                                       | 1438                                    | -3                   | 3                    | -3           | -43                  | -4301                |
| q3(±)   | -1                                      | 79                   | 0                    | 1            | 944                  | 4                    |
| q4  | 0                                       | 1                    | 19                   | -1           | 12                   | 281                  |
| q5_trasV[+]                                       | 1                                       | 36                   | 624                  | 7            | 435                  | 8902                 |
| q5_trasV[-]                                       | -1                                      | -37                  | -626                 | -6           | -449                 | -8938                |
| q5_long(±)  | 0                                       | 144                  | 0                    | 0            | 897                  | -2                   |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                             | 637                                     | -5                   | 2                    | 2            | -55                  | 2086                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                             | 636                                     | -6                   | -2                   | -2           | -72                  | -2069                |
| q7_ΔTn_exp  | -2                                      | -391                 | 21                   | 2            | -4696                | 290                  |
| q7_ΔTn_con  | 2                                       | 260                  | -14                  | -1           | 3116                 | -192                 |
| q7_ΔTm_heat                                       | -19                                     | 7                    | 0                    | 0            | 79                   | 119                  |
| q7_ΔTm_cool                                       | 22                                      | -8                   | 1                    | 0            | -95                  | -142                 |
| q7_ΔT10_heat                                      | 1                                       | -47                  | 3                    | 0            | -566                 | 101                  |
| q7_ΔT10_cool                                      | -1                                      | 47                   | -3                   | 0            | 566                  | -101                 |
| E_SLV-x (±) / UB                                  | 34                                      | 1356                 | 57                   | 4            | 14189                | 798                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                  | -8                                      | -36                  | 1413                 | 62           | -395                 | 17521                |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                              | -8                                      | 270                  | 14                   | 2            | 3241                 | 198                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                              | 0                                       | 10                   | 26                   | 20           | 122                  | 364                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                  | 1372                                    | 14                   | -3                   | 0            | 122                  | -33                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                         | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 2246                 | 344                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                         | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 344                  | 2246                 |

Tabella 69 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P9 - sezione a z=3m - element n°20903

| <b>P9 - Sez. z=6m - sollecitazioni elementari</b> |                          |                      |                      |                |                      |                      |
|---|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|   | Element n°: <b>20906</b> |                      |                      | node: <b>I</b> |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                             | <b>N</b>                 | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>       | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>                                      | <b>[kN]</b>              | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b>   | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1  | 8627                     | 6                    | -1                   | -1             | 51                   | -38                  |
| g2  | 2253                     | -13                  | 1                    | 0              | -119                 | 45                   |
| ε2  | 0                        | 109                  | -7                   | -1             | 982                  | -222                 |
| ε4_1  | -301                     | 0                    | 0                    | 0              | -3                   | 32                   |
| ε4_2  | 304                      | 0                    | 0                    | 0              | 0                    | -32                  |
| q1_car_Nmax                                       | -450                     | -8                   | 0                    | -2             | -68                  | -677                 |
| q1_car_Nmin                                       | 3692                     | -11                  | -2                   | 5              | -98                  | 6114                 |
| q1_car_Mmax                                       | 2762                     | -9                   | 1                    | 5              | -74                  | 8657                 |
| q1_car_Mmin                                       | 2751                     | -8                   | 1                    | -7             | -87                  | -8568                |
| q1_frq_Nmax                                       | -228                     | -3                   | 0                    | -1             | -30                  | -346                 |
| q1_frq_Nmin                                       | 1896                     | -5                   | -3                   | 2              | -42                  | 3166                 |
| q1_frq_Mmax                                       | 1444                     | -3                   | -2                   | 2              | -28                  | 4346                 |
| q1_frq_Mmin                                       | 1441                     | -3                   | 3                    | -3             | -37                  | -4310                |
| q3(±)   | -1                       | 79                   | 0                    | 1              | 708                  | 3                    |
| q4  | 0                        | 1                    | 19                   | -1             | 9                    | 225                  |
| q5_trasV[+]                                       | 1                        | 36                   | 612                  | 7              | 327                  | 7047                 |
| q5_trasV[-]                                       | -1                       | -37                  | -615                 | -6             | -337                 | -7076                |
| q5_long(±)  | 0                        | 112                  | 0                    | 0              | 512                  | -1                   |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                             | 637                      | -5                   | 2                    | 2              | -41                  | 2078                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                             | 636                      | -6                   | -2                   | -2             | -54                  | -2063                |
| q7_ΔTn_exp  | -2                       | -391                 | 21                   | 2              | -3522                | 226                  |
| q7_ΔTn_con  | 2                        | 260                  | -14                  | -1             | 2337                 | -150                 |
| q7_ΔTm_heat                                       | -19                      | 7                    | 0                    | 0              | 59                   | 120                  |
| q7_ΔTm_cool                                       | 22                       | -8                   | 1                    | 0              | -71                  | -144                 |
| q7_ΔT10_heat                                      | 1                        | -47                  | 3                    | 0              | -424                 | 92                   |
| q7_ΔT10_cool                                      | -1                       | 47                   | -3                   | 0              | 424                  | -92                  |
| E_SLV-x (±) / UB                                  | 34                       | 1311                 | 56                   | 4              | 10229                | 632                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                  | -8                       | -36                  | 1370                 | 62             | -288                 | 13477                |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                              | -8                       | 270                  | 14                   | 2              | 2430                 | 157                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                              | 0                        | 10                   | 26                   | 20             | 92                   | 286                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                  | 1370                     | 13                   | -2                   | 0              | 81                   | -27                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                         | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 2151                 | 329                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                         | 0                        | 0                    | 0                    | 0              | 329                  | 2151                 |

Tabella 70 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P9 - sezione a z=6m - element n°20906

| <b>P10 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|---|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|   | Element n°: <b>21000</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                 | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>  | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1  | 7533                                    | 19                   | 0                    | 0            | 121                  | 78                   |
| g2  | 2187                                    | -16                  | 1                    | 0            | -116                 | 54                   |
| ε2  | 24                                      | 171                  | -7                   | -1           | 1200                 | -352                 |
| ε4_1  | 325                                     | 0                    | 0                    | 0            | -1                   | -43                  |
| ε4_2  | -301                                    | 0                    | 0                    | 0            | 2                    | 44                   |
| q1_car_Nmax   | -399                                    | -11                  | -1                   | -2           | -74                  | -609                 |
| q1_car_Nmin   | 3560                                    | -12                  | 6                    | 2            | -100                 | 6283                 |
| q1_car_Mmax   | 2657                                    | -10                  | 12                   | 2            | -88                  | 8760                 |
| q1_car_Mmin   | 2640                                    | -11                  | -10                  | -3           | -69                  | -8626                |
| q1_frq_Nmax   | -211                                    | -5                   | -1                   | -1           | -33                  | -324                 |
| q1_frq_Nmin   | 1843                                    | -5                   | 1                    | 1            | -41                  | 3311                 |
| q1_frq_Mmax   | 1402                                    | -4                   | 3                    | 0            | -35                  | 4459                 |
| q1_frq_Mmin   | 1396                                    | -4                   | -3                   | -1           | -27                  | -4403                |
| q3(±)   | 0                                       | 91                   | 1                    | 2            | 639                  | 8                    |
| q4  | 0                                       | 1                    | 19                   | -3           | 8                    | 194                  |
| q5_trasV[+]   | 1                                       | 55                   | 589                  | 8            | 382                  | 5724                 |
| q5_trasV[-]   | -1                                      | -56                  | -593                 | -7           | -392                 | -5762                |
| q5_long(±)  | 0                                       | 103                  | 0                    | 0            | 393                  | -2                   |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                 | 608                                     | -6                   | 4                    | 1            | -45                  | 2014                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                 | 604                                     | -8                   | -4                   | -1           | -53                  | -1977                |
| q7_ΔTn_exp  | -7                                      | -592                 | 22                   | 5            | -4141                | 192                  |
| q7_ΔTn_con  | 5                                       | 392                  | -15                  | -4           | 2747                 | -127                 |
| q7_ΔTm_heat   | 56                                      | 11                   | 0                    | -1           | 79                   | 215                  |
| q7_ΔTm_cool   | -67                                     | -14                  | 0                    | 1            | -94                  | -258                 |
| q7_ΔT10_heat  | -2                                      | -73                  | 3                    | 0            | -512                 | 145                  |
| q7_ΔT10_cool  | 2                                       | 73                   | -3                   | 0            | 512                  | -145                 |
| E_SLV-x (±) / UB                                      | 36                                      | 1255                 | 65                   | 9            | 8560                 | 636                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                      | 7                                       | -58                  | 948                  | 70           | -391                 | 9275                 |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                  | -4                                      | 419                  | 13                   | 5            | 2936                 | 122                  |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                  | 0                                       | 8                    | 28                   | 20           | 59                   | 253                  |
| E_SLV-z (±) / UB                                      | 1482                                    | -3                   | -2                   | 0            | -20                  | 33                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                             | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 1896                 | 431                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                             | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 431                  | 1896                 |

**Tabella 71 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P10 - sezione di base - element n°21000**

| <b>P11 - Sez.Spiccato - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|---|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|   | Element n°: <b>21100</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                 | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>  | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1  | 5550                                    | 9                    | -1                   | 1            | 18                   | -62                  |
| g2  | 2045                                    | -22                  | 1                    | 0            | 4                    | 13                   |
| ε2  | 275                                     | 200                  | -6                   | -3           | 21                   | -310                 |
| ε4_1  | -285                                    | 0                    | 0                    | 0            | -1                   | 74                   |
| ε4_2  | 257                                     | -1                   | 0                    | 0            | 1                    | -60                  |
| q1_car_Nmax   | -306                                    | -12                  | -9                   | 0            | -2                   | -538                 |
| q1_car_Nmin   | 3336                                    | -20                  | -4                   | 15           | 12                   | 6061                 |
| q1_car_Mmax   | 2503                                    | -18                  | -1                   | 20           | 10                   | 8264                 |
| q1_car_Mmin   | 2477                                    | -18                  | 2                    | -17          | 2                    | -8169                |
| q1_frq_Nmax   | -172                                    | -6                   | -5                   | 0            | -1                   | -309                 |
| q1_frq_Nmin   | 1757                                    | -9                   | -2                   | 7            | 6                    | 3293                 |
| q1_frq_Mmax   | 1345                                    | -8                   | -1                   | 10           | 6                    | 4323                 |
| q1_frq_Mmin   | 1334                                    | -8                   | 2                    | -8           | 1                    | -4286                |
| q3(±)   | -1                                      | 83                   | 4                    | 1            | 8                    | 11                   |
| q4  | 0                                       | 1                    | 26                   | -5           | 0                    | 81                   |
| q5_trasV[+]   | 4                                       | 70                   | 461                  | 12           | 8                    | 1424                 |
| q5_trasV[-]   | -4                                      | -71                  | -466                 | -12          | -8                   | -1437                |
| q5_long(±)  | 0                                       | 6                    | 0                    | 0            | 1                    | 0                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                 | 559                                     | -8                   | -4                   | 6            | 2                    | 1787                 |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                 | 553                                     | -9                   | 5                    | -6           | 0                    | -1751                |
| q7_ΔTn_exp  | -26                                     | -662                 | 22                   | 4            | -66                  | 47                   |
| q7_ΔTn_con  | 17                                      | 439                  | -14                  | -3           | 44                   | -31                  |
| q7_ΔTm_heat   | -293                                    | 9                    | -1                   | 1            | 0                    | 251                  |
| q7_ΔTm_cool   | 352                                     | -11                  | 1                    | -1           | 0                    | -301                 |
| q7_ΔT10_heat  | -128                                    | -85                  | 3                    | 1            | -9                   | 132                  |
| q7_ΔT10_cool  | 128                                     | 85                   | -3                   | -1           | 9                    | -132                 |
| E_SLV-x (±) / UB                                      | 19                                      | 1061                 | 86                   | 6            | 106                  | 249                  |
| E_SLV-y (±) / UB                                      | -14                                     | -76                  | 789                  | 64           | -9                   | 2274                 |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                  | -13                                     | 470                  | 18                   | 3            | 47                   | 42                   |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                  | 0                                       | 1                    | 11                   | 18           | 0                    | 25                   |
| E_SLV-z (±) / UB                                      | 1263                                    | -5                   | 1                    | 1            | 4                    | 19                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                             | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 1475                 | 362                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                             | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 362                  | 1475                 |

**Tabella 72 - Sollecitazioni - valori caratteristici - P11 - sezione di base - element n°21100**

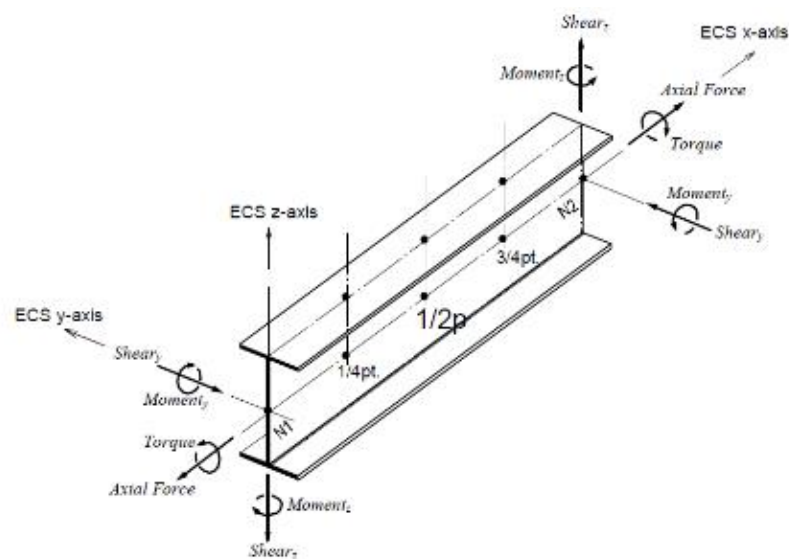
### 6.3.3 Diagrammi delle sollecitazioni elementari sulle pile

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni sulle pile, per i casi di carico più significativi tra quelli elencati al §6.2.7.

Si rammenta che i grafici sono rappresentati con spalla "B" a sinistra e spalla "A" a destra.

In Figura 72 sono riportate le convenzioni di segno adottate nel modello di calcolo. Le frecce indicano la direzione positiva della corrispondente sollecitazione.

L'asse locale "x" degli elementi "beam" delle pile è diretto verso l'alto, mentre gli assi "y" e "z" sono concordi rispettivamente alla direzione locale longitudinale e alla direzione locale trasversale.



**Figura 72 - Convenzioni di segno delle caratteristiche della sollecitazione.  $N_1=i$  e  $N_2=j$**

Con riferimento a quanto indicato nella figura precedente, per le sollecitazioni è stata adottata la seguente simbologia:

|             |           |                                     |
|-------------|-----------|-------------------------------------|
| Axial Force | <b>N</b>  | (Forza Assiale)                     |
| Shear Z     | <b>Vz</b> | (Taglio agente lungo l'asse Z)      |
| Shear Y     | <b>Vy</b> | (Taglio agente lungo l'asse Y)      |
| Moment Y    | <b>My</b> | (Momento agente intorno all'asse Y) |
| Moment Z    | <b>Mz</b> | (Momento agente intorno all'asse Z) |
| Torque      | <b>T</b>  | (Torsione)                          |

- Sisma SLV in direzione X (E\_SLV-x)

Taglio Vy

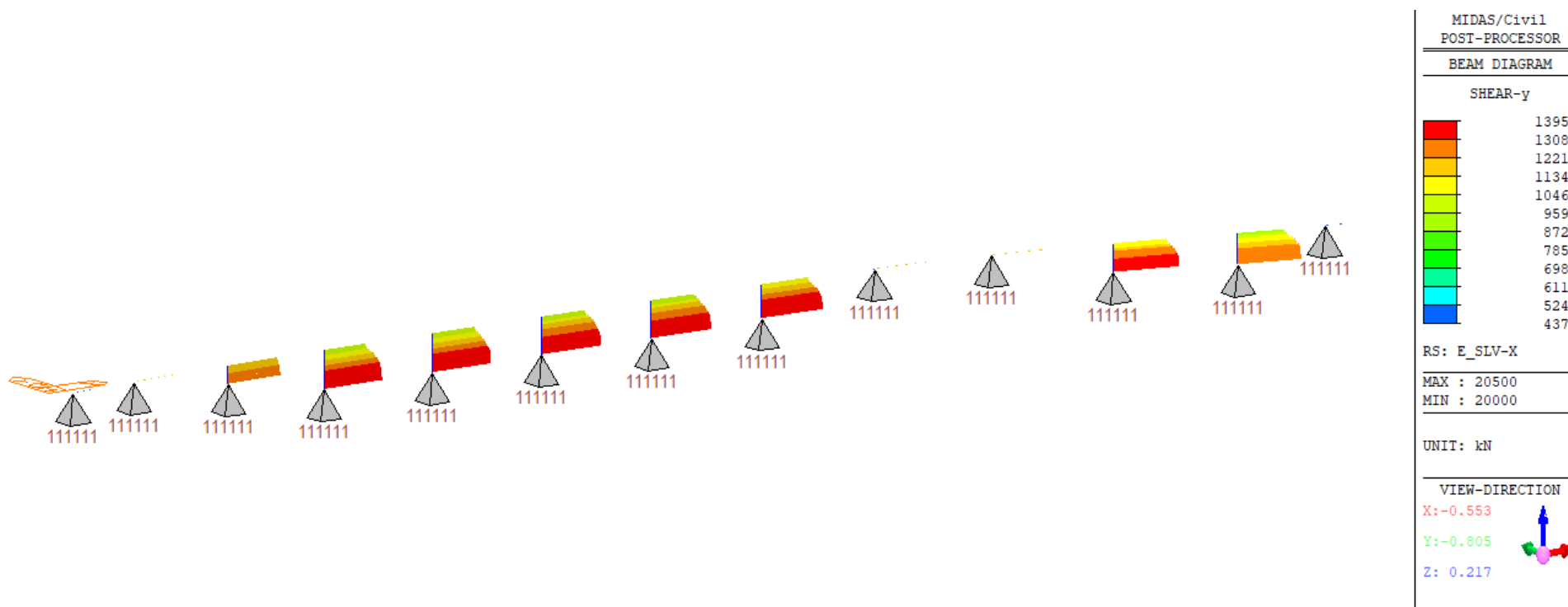


Figura 73 – Sisma SLV in direzione X. Taglio Vy sulle pile

Taglio Vz

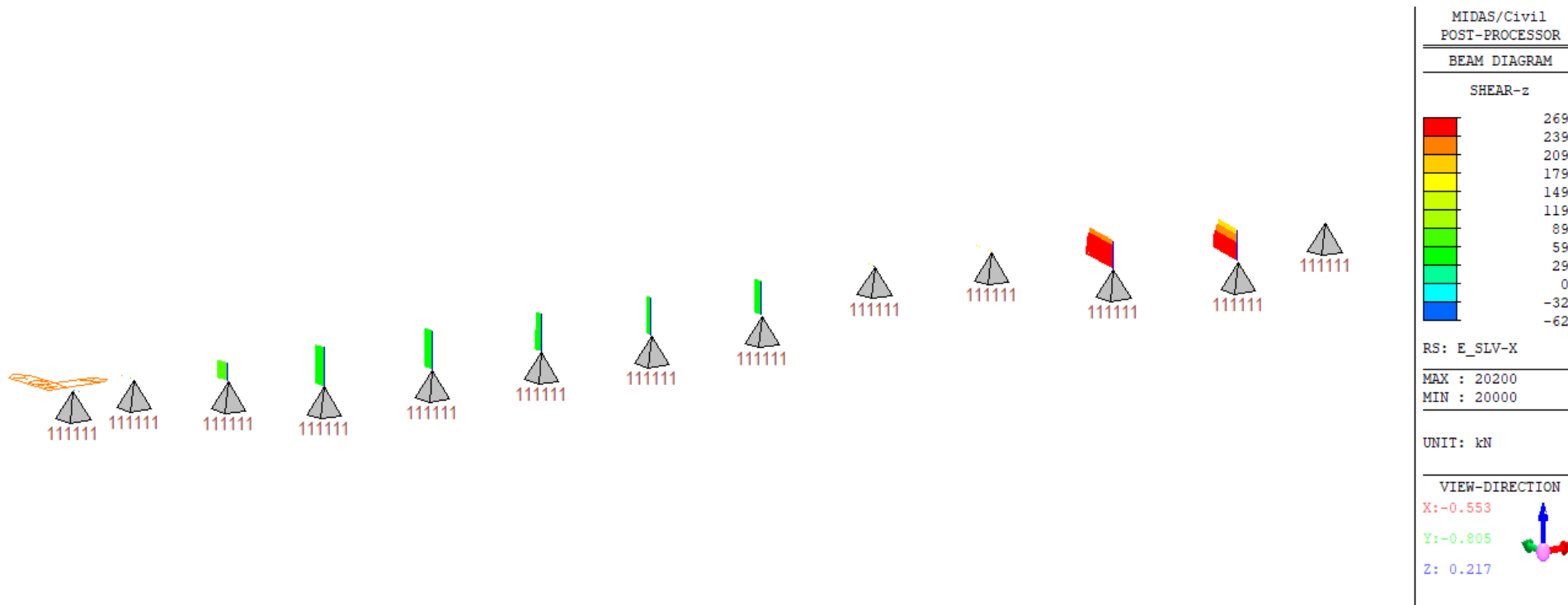


Figura 74 – Sisma SLV in direzione X. Taglio Vz sulle pile



Momento My

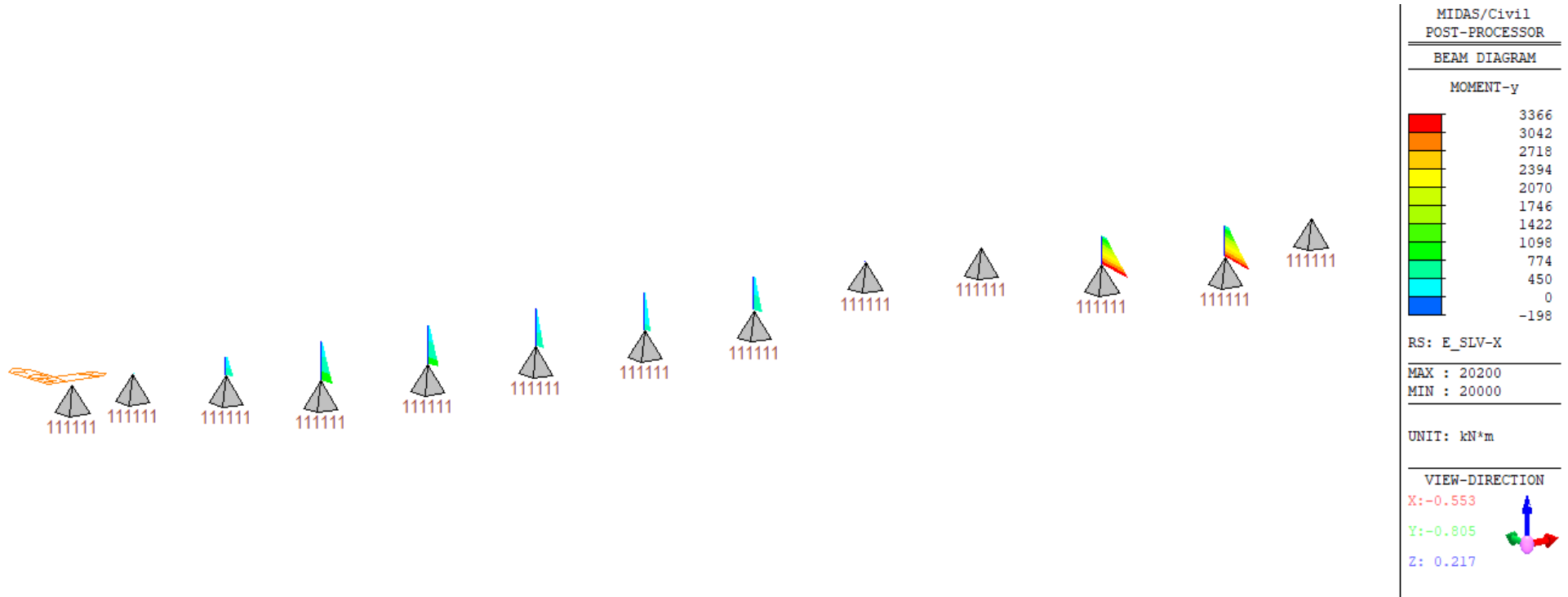


Figura 75 – Sisma SLV in direzione X. Momento My sulle pile

Momento Mz

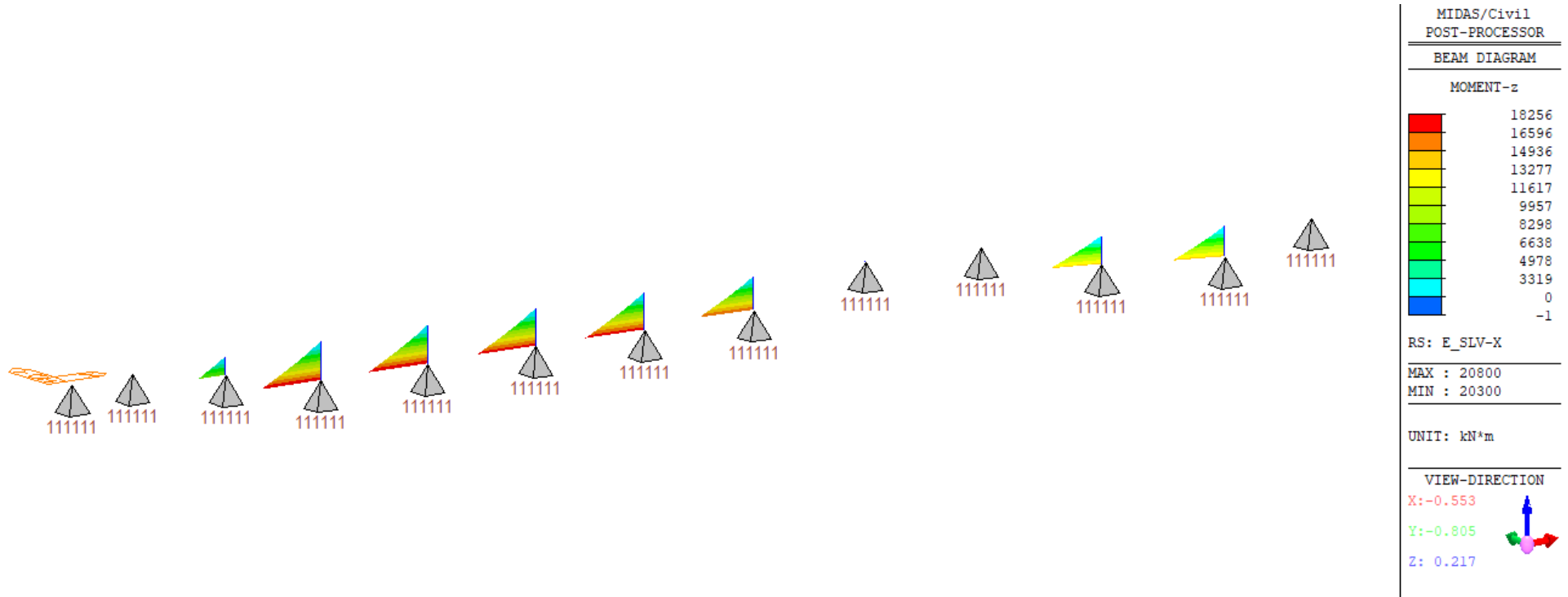


Figura 76 – Sisma SLV in direzione X. Momento Mz sulle pile

- Sisma SLV in direzione Y (E\_SLV-y)

Taglio Vy

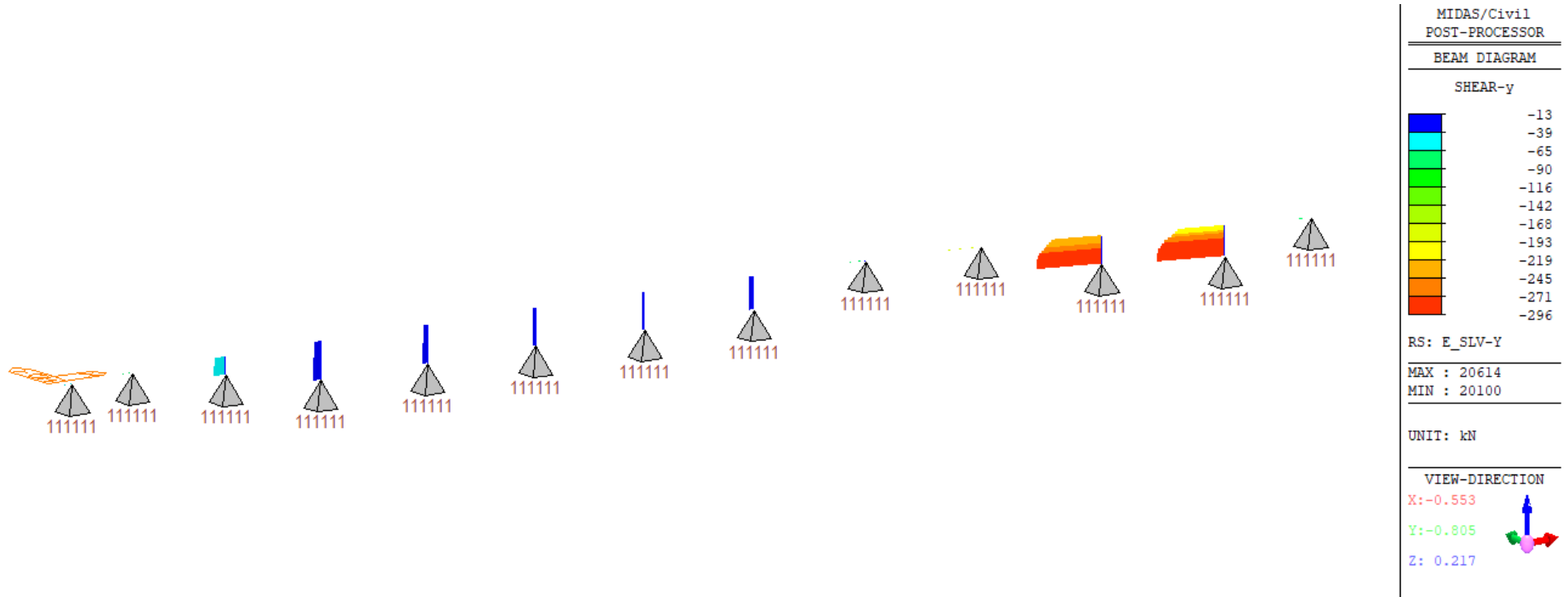


Figura 77 – Sisma SLV in direzione Y. Taglio Vy sulle pile

Taglio Vz

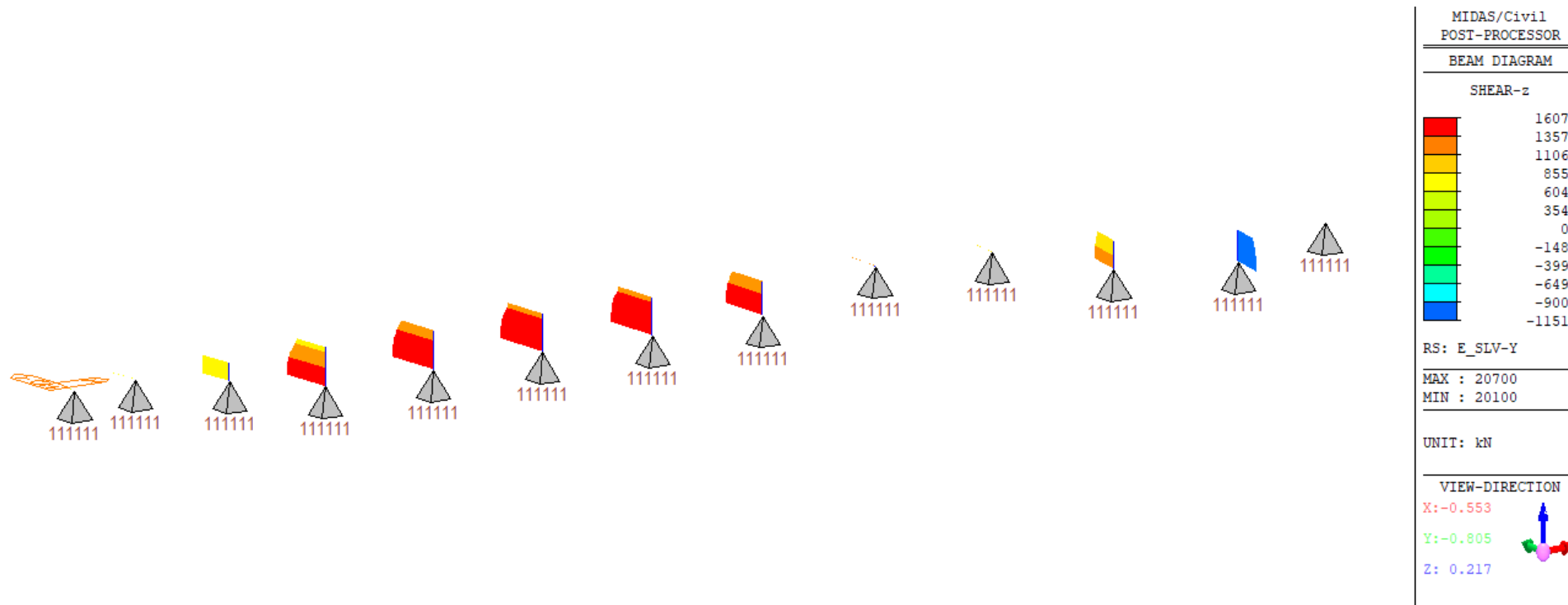


Figura 78 – Sisma SLV in direzione Y. Taglio Vz sulle pile

Momento My

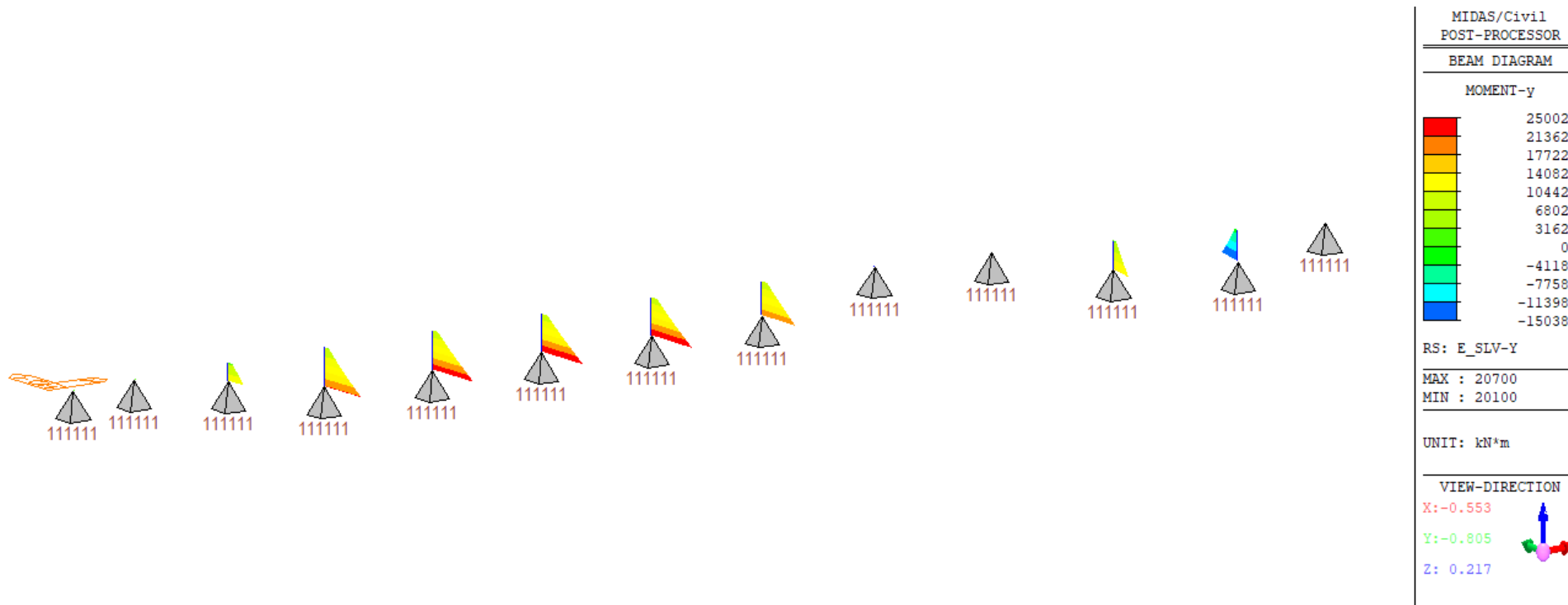


Figura 79 – Sisma SLV in direzione Y. Momento My sulle pile

Momento Mz

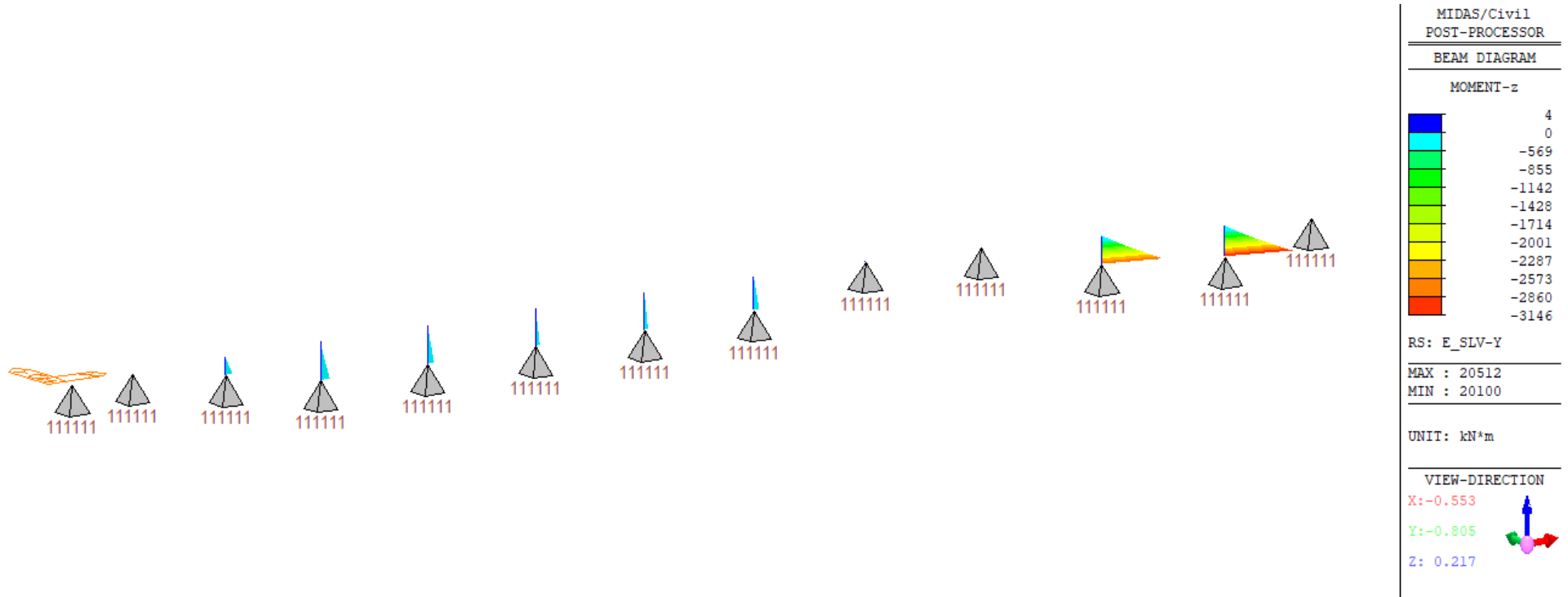


Figura 80 – Sisma SLV in direzione Y. Momento Mz sulle pile

#### 6.3.4 Scarichi sulle spalle

Si riportano nel presente paragrafo, per i casi di carico analizzati, gli scarichi elementari agenti in testa alle spalle (base appoggi).

Gli assi locali seguono l'orientazione della spalla: l'asse "y" è concorde all'asse longitudinale della spalla, l'asse "z" all'asse trasversale.

Per la valutazione delle azioni sulle sottostrutture sotto sisma, si è fatto riferimento alle condizioni di "Upper Bound" (condizione più gravosa in termini di sollecitazioni).

Nella valutazione delle sollecitazioni sismiche si è tenuto conto dell'effetto del secondo ordine con un approccio semplificato: si è assunto un momento aggiuntivo costante sulla pila pari allo sforzo normale  $g_1+g_2$  per lo spostamento in testa pila, assunto pari a 20cm.

| <b>SA - Sez.BaseAppoggi - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|---|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|   | Element n°: <b>20000</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                   | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>  | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1  | 1539                                    | 2                    | 0                    | 1            | 3                    | -168                 |
| g2  | 663                                     | 11                   | -1                   | 0            | 2                    | -80                  |
| ε2  | -260                                    | -85                  | 7                    | 1            | -9                   | 79                   |
| ε4_1  | 98                                      | 4                    | 0                    | 0            | 1                    | -22                  |
| ε4_2  | -84                                     | -3                   | 0                    | 0            | 0                    | 19                   |
| q1_car_Nmax   | -335                                    | 2                    | -10                  | 0            | -1                   | -474                 |
| q1_car_Nmin   | 2027                                    | 11                   | -7                   | -6           | 7                    | 3292                 |
| q1_car_Mmax   | 1561                                    | 8                    | -5                   | -9           | 7                    | 4545                 |
| q1_car_Mmin   | 1557                                    | 9                    | 3                    | 10           | 0                    | -4739                |
| q1_frq_Nmax   | -186                                    | 1                    | -6                   | 0            | 0                    | -266                 |
| q1_frq_Nmin   | 1236                                    | 4                    | -3                   | -2           | 4                    | 2055                 |
| q1_frq_Mmax   | 970                                     | 3                    | -2                   | -3           | 4                    | 2734                 |
| q1_frq_Mmin   | 969                                     | 4                    | 2                    | 3            | 0                    | -2818                |
| q3(±)   | -5                                      | 35                   | 5                    | 1            | 3                    | 11                   |
| q4  | 0                                       | -2                   | -62                  | -7           | 0                    | -190                 |
| q5_trasV[+]   | -3                                      | -32                  | 220                  | -2           | -3                   | 659                  |
| q5_trasV[-]   | 3                                       | 32                   | -217                 | 3            | 3                    | -652                 |
| q5_long(±)  | 0                                       | 2                    | 0                    | 0            | 0                    | 0                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                   | 185                                     | 4                    | -7                   | -4           | 1                    | 572                  |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                   | 186                                     | 5                    | 6                    | 4            | 0                    | -618                 |
| q7_ΔTn_exp  | 27                                      | 322                  | -22                  | -4           | 32                   | -45                  |
| q7_ΔTn_con  | -18                                     | -213                 | 14                   | 3            | -21                  | 30                   |
| q7_ΔTm_heat   | 223                                     | -11                  | -1                   | 0            | -1                   | -62                  |
| q7_ΔTm_cool   | -268                                    | 13                   | 1                    | 0            | 1                    | 74                   |
| q7_ΔT10_heat  | 114                                     | 37                   | -3                   | 0            | 4                    | -37                  |
| q7_ΔT10_cool  | -114                                    | -37                  | 3                    | 0            | -4                   | 37                   |
| E_SLV-x (±) / UB  | 72                                      | 437                  | -62                  | -4           | 44                   | -198                 |
| E_SLV-y (±) / UB  | -13                                     | -80                  | -432                 | -20          | -8                   | -1271                |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                    | -28                                     | 225                  | 13                   | 5            | 23                   | 21                   |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                    | -3                                      | 24                   | 8                    | 7            | 2                    | 16                   |
| E_SLV-z (±) / UB  | 629                                     | 3                    | 2                    | 1            | 1                    | -93                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                               | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 437                  | 52                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                               | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 52                   | 437                  |

Tabella 73 - Sollecitazioni - valori caratteristici - SA – sezione base appoggi - element n°20000



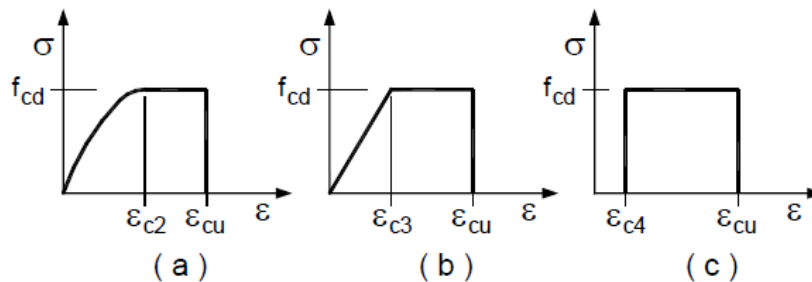
| <b>SB - Sez.BaseAppoggi - sollecitazioni elementari</b> |   |                      |                      |              |                      |                      |
|---|---|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|   | Element n°: <b>21200</b> node: <b>I</b> |                      |                      |              |                      |                      |
| <b>CASI DI CARICO</b>                                   | <b>N</b>                                | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>V<sub>z</sub></b> | <b>T</b>     | <b>M<sub>z</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
| <b>[ - ]</b>  | <b>[kN]</b>                             | <b>[kN]</b>          | <b>[kN]</b>          | <b>[kNm]</b> | <b>[kNm]</b>         | <b>[kNm]</b>         |
| g1  | 1406                                    | 1                    | 0                    | 0            | -1                   | 17                   |
| g2  | 587                                     | -10                  | 0                    | 0            | -1                   | 10                   |
| ε2  | -295                                    | 87                   | -2                   | -1           | 9                    | -10                  |
| ε4_1  | 126                                     | -4                   | 0                    | 0            | 0                    | 11                   |
| ε4_2  | -107                                    | 3                    | 0                    | 0            | 0                    | -10                  |
| q1_car_Nmax   | -341                                    | -4                   | -12                  | 0            | -1                   | -675                 |
| q1_car_Nmin   | 1952                                    | -9                   | -7                   | 5            | 4                    | 3831                 |
| q1_car_Mmax   | 1478                                    | -7                   | -4                   | 6            | 6                    | 4953                 |
| q1_car_Mmin   | 1469                                    | -7                   | 4                    | -6           | -9                   | -4889                |
| q1_frq_Nmax   | -191                                    | -2                   | -7                   | 0            | -1                   | -389                 |
| q1_frq_Nmin   | 1207                                    | -4                   | -3                   | 1            | 3                    | 2422                 |
| q1_frq_Mmax   | 937                                     | -3                   | -2                   | 2            | 4                    | 3019                 |
| q1_frq_Mmin   | 933                                     | -3                   | 2                    | -2           | -6                   | -2994                |
| q3(±)   | -5                                      | 35                   | 3                    | 1            | 3                    | 7                    |
| q4  | 0                                       | 1                    | 20                   | -2           | 0                    | 62                   |
| q5_trasV[+]   | -6                                      | 35                   | 180                  | 5            | 4                    | 531                  |
| q5_trasV[-]   | 6                                       | -36                  | -182                 | -4           | -4                   | -536                 |
| q5_long(±)  | 0                                       | 2                    | 0                    | 0            | 0                    | 0                    |
| q5_vert[-]_ecc[+] (±)                                   | 156                                     | -4                   | -7                   | 3            | 0                    | 496                  |
| q5_vert[-]_ecc[-] (±)                                   | 157                                     | -4                   | 7                    | -3           | -1                   | -489                 |
| q7_ΔTn_exp  | 49                                      | -314                 | 11                   | 2            | -31                  | 28                   |
| q7_ΔTn_con  | -33                                     | 208                  | -7                   | -1           | 21                   | -19                  |
| q7_ΔTm_heat   | 259                                     | 10                   | -1                   | 0            | 1                    | 11                   |
| q7_ΔTm_cool   | -310                                    | -12                  | 1                    | 0            | -1                   | -13                  |
| q7_ΔT10_heat  | 130                                     | -37                  | 1                    | 1            | -4                   | 7                    |
| q7_ΔT10_cool  | -130                                    | 37                   | -1                   | -1           | 4                    | -7                   |
| E_SLV-x (±) / UB  | -85                                     | 444                  | -46                  | 3            | 44                   | -126                 |
| E_SLV-y (±) / UB  | 14                                      | -40                  | 339                  | 27           | -5                   | 992                  |
| E_VSM_SLV-x (±) / UB                                    | -34                                     | 222                  | 11                   | 2            | 22                   | 23                   |
| E_VSM_SLV-y (±) / UB                                    | 0                                       | 2                    | 1                    | 8            | 0                    | 3                    |
| E_SLV-z (±) / UB  | -704                                    | 3                    | -1                   | 0            | 1                    | -44                  |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-x                               | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 392                  | 75                   |
| 2°ord_(g1+g2)*d / E_SLV-y                               | 0                                       | 0                    | 0                    | 0            | 75                   | 392                  |

Tabella 74 - Sollecitazioni - valori caratteristici - SB – sezione base appoggi - element n°20000

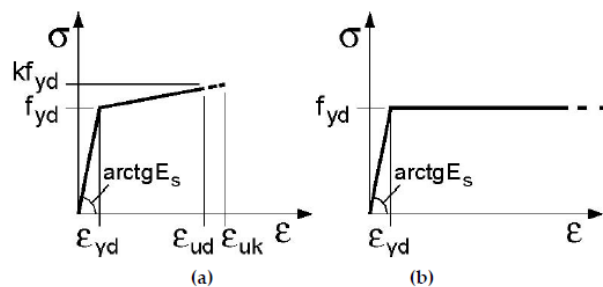
## 7 VERIFICA DELLE PILE

Sono state condotte le verifiche SLU e SLE dei fusti-pila e dei pulvini con riferimento al quanto indicato al §4.1 delle NTC2018.

Per le verifiche SLU a flessione sono stati assunti, tra i legami costitutivi indicati in normativa, il legame parabola-rettangolo per il calcestruzzo (tipo "a" di Figura 81) e il legame elastico-perfettamente plastico per l'acciaio (tipo "b" di Figura 82).



**Figura 81 – Legami costitutivi del calcestruzzo (NTC2018)**



**Figura 82 – Legami costitutivi dell'acciaio (NTC2018)**

In accordo con quanto indicato al §7.10.2 delle NTC2018, per le verifiche in condizioni sismiche, si è assunto che la sottostruttura debba rimanere in campo "sostanzialmente elastico".

Ciò si traduce nell'assumere, nel calcolo del momento resistente, una deformazione limite (ultima), per i due materiali, pari rispettivamente a:

- $\epsilon_{c2} = 2 \text{ ‰}$  per il calcestruzzo;
- $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$  per l'acciaio.

Per le verifiche SLU a taglio si è fatto riferimento a quanto indicato al §4.1.2.3.5.2 delle NTC2018 (*elementi con armature trasversali resistenti a taglio*).

Per lo SLE, in accordo con quanto indicato al §4.1.2.2.5 delle NTC2018 sono stati verificati i seguenti limiti tensionali per le armature e il calcestruzzo in soletta:

- $\sigma_s < 0.80f_{yk}$  con  $\sigma_s$  massima tensione di trazione nelle armature per combinazione "RARA";
- $\sigma_c < 0.60f_{ck}$  con  $\sigma_c$  massima tensione di compressione nel cls per combinazione "RARA";
- $\sigma_c < 0.45f_{ck}$  con  $\sigma_c$  massima tensione di compressione nel cls per combinazione "QUASI PERM.".

Ancora per lo SLE, in accordo con quanto esposto al §4.1.2.2.4 delle NTC2018, si è verificato lo "stato limite di apertura delle fessure" nella soletta.

Le armature in soletta sono classificabili come "poco sensibili alla corrosione". La soletta è catalogabile all'interno di una classe di esposizione tale per cui le condizioni ambientali si considerano di come **AGGRESSIVE**.

| Condizioni ambientali | Classe di esposizione             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

**Tabella 75 – Descrizione delle condizioni ambientali (Tab. 4.1.III NTC2018)**

Per tali condizioni la limitazione sulla fessurazione si traduce in:

$$w_k \leq w_2 = 0.30\text{mm per combinazione "FREQUENTE"}$$

$$w_k \leq w_1 = 0.20\text{mm per combinazione "QUASI PERMANENTE"}$$

dove  $w_k$  è la dimensione caratteristica della fessura calcolata.

Le verifiche sono state eseguite attraverso il calcolo "diretto" esposto al §C4.1.2.2.4.5 della Circolare 2019.

Le verifiche SLU e SLE sono state eseguite attraverso il software RCSEC v. 2021.11.1006.

Si è assunto un copriferro netto pari a 4.5 cm.

Le armature previste sono riportate direttamente nei tabulati di verifica.

Poiché il viadotto è isolato, le armature minime devono essere stabilite in riferimento alle sole indicazioni riportate al capitolo 4 delle NTC2018.

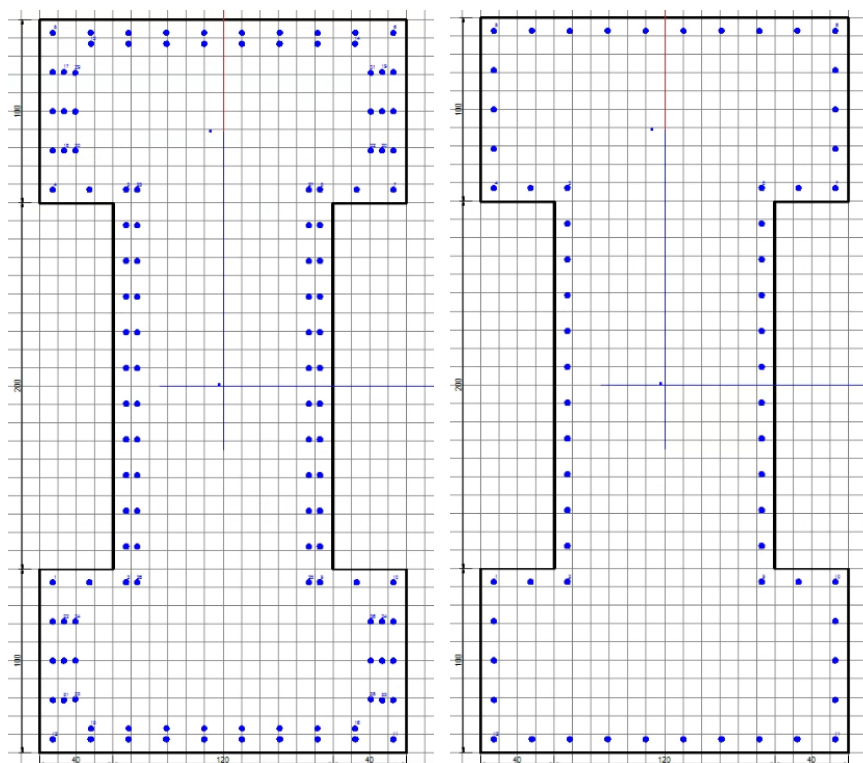
## 7.1 VERIFICA DELLA PILA P1 – ARMATURA LONGITUDINALE

Le verifiche si estendono anche alle pile P2 e P10.

La pila P1 ha un'altezza totale  $H=12\text{m}$  ed è armata nel seguente modo:

- nella zona a sezione costante:
  - sez. tipo 1 - 2 strati  $\Phi 30/200$  + 1 strato aggiuntivo nelle zone esterne, da  $z=0\text{m}$  (spiccatto pila) fino a  $z=4\text{m}$ ;
  - sez. tipo 2 - 1 strato  $\Phi 30/200$ , da  $z=4\text{m}$  fino a  $z=6\text{m}$  (inizio allargamento).

Essendo "z" la quota verticale rispetto allo spiccatto pila.



**Figura 83 – Armature Pila 1. Da sinistra a destra: Sez. tipo 1 (128 $\Phi 30$ ); Sez. tipo 2 (64 $\Phi 30$ ).**

### 7.1.1 Verifiche SLV in condizioni sismiche

Di seguito i tabulati delle verifiche SLV in campo sostanzialmente elastico.

Vale il seguente significato dei simboli:

|            |   |
|------------|---|
| $N[kN]$    | azione assiale  |
| $M_x[kNm]$ | momento flettente in direzione <u>trasversale</u> alla pila   |
| $M_y[kNm]$ | momento flettente in direzione <u>longitudinale</u> alla pila |

Le combinazioni elencate nei tabulati di verifica possono essere così sintetizzate:

- Dalla n°1 alla n°16: combinazioni con sisma principale in direzione X (longitudinale);
- Dalla n°17 alla n°32: combinazioni con sisma principale in direzione Y (trasversale);
- Dalla n°33 alla n°48: combinazioni con sisma principale in direzione Z (verticale).

Per la lista completa delle combinazioni SLV si rimanda al §5.3.

Le sollecitazioni elementari sono riportate al §6.3.2.

- VERIFICHE ALLO SPICCATO ( $z=0m$ )

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A. NOME SEZIONE: Amandola\_Pila1-Spiccato\_Sismica

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Pilastro                 |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                       |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                      |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                           |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                      |                     |
|----------------|--------------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                              | C32/40              |
|                | Resis. compr. di progetto $f_{cd}$ : | 18.1 MPa            |
|                | Def.unit. max resistenza $ec2$ :     | 0.0020              |
|                | Def.unit. ultima $ecu$ :             | 0.0035              |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:        | Parabola-Rettangolo |
|                | Modulo Elastico Normale $E_c$ :      | 33345.8 MPa         |
|                | Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :  | 3.02 MPa            |

|           |                                 |                  |                     |
|-----------|---------------------------------|------------------|---------------------|
| ACCIAIO - | Tipo:                           | B450C            |                     |
|           | Resist. caratt. snervam. fyk:   | 450.0            | MPa                 |
|           | Resist. caratt. rottura ftk:    | 450.0            | MPa                 |
|           | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.3            | MPa                 |
|           | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.3            | MPa                 |
|           | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068            |                     |
|           | Modulo Elastico Ef              | 2100000          | daN/cm <sup>2</sup> |
|           | Diagramma tensione-deformaz.:   | Bilineare finito |                     |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -100.0 | -100.0 |
| 2          | -60.0  | -100.0 |
| 3          | -60.0  | 100.0  |
| 4          | -100.0 | 100.0  |
| 5          | -100.0 | 200.0  |
| 6          | 100.0  | 200.0  |
| 7          | 100.0  | 100.0  |
| 8          | 60.0   | 100.0  |
| 9          | 60.0   | -100.0 |
| 10         | 100.0  | -100.0 |
| 11         | 100.0  | -200.0 |
| 12         | -100.0 | -200.0 |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -92.8  | -107.2 | 30        |
| 2       | -52.8  | -107.2 | 30        |
| 3       | -52.8  | 107.2  | 30        |
| 4       | -92.8  | 107.2  | 30        |
| 5       | -92.8  | 192.8  | 30        |
| 6       | 92.8   | 192.8  | 30        |
| 7       | 92.8   | 107.2  | 30        |
| 8       | 52.8   | 107.2  | 30        |
| 9       | 52.8   | -107.2 | 30        |
| 10      | 92.8   | -107.2 | 30        |
| 11      | 92.8   | -192.8 | 30        |
| 12      | -92.8  | -192.8 | 30        |
| 13      | -72.0  | 186.8  | 30        |
| 14      | 72.0   | 186.8  | 30        |
| 15      | -72.0  | -186.8 | 30        |
| 16      | 72.0   | -186.8 | 30        |
| 17      | -86.8  | 171.5  | 30        |
| 18      | -86.8  | 128.5  | 30        |
| 19      | 86.8   | 171.5  | 30        |
| 20      | 86.8   | 128.5  | 30        |
| 21      | -86.8  | -171.5 | 30        |
| 22      | -86.8  | -128.5 | 30        |
| 23      | 86.8   | -171.5 | 30        |
| 24      | 86.8   | -128.5 | 30        |

|    |       |        |    |
|----|-------|--------|----|
| 25 | -46.8 | 107.2  | 30 |
| 26 | -46.8 | -107.2 | 30 |
| 27 | 46.8  | 107.2  | 30 |
| 28 | 46.8  | -107.2 | 30 |
| 29 | -80.6 | 171.0  | 30 |
| 30 | -80.6 | 128.5  | 30 |
| 31 | 80.6  | 171.0  | 30 |
| 32 | 80.6  | 128.5  | 30 |
| 33 | -80.6 | -171.0 | 30 |
| 34 | -80.6 | -128.5 | 30 |
| 35 | 80.6  | -171.0 | 30 |
| 36 | 80.6  | -128.5 | 30 |

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |
|--------------|---|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 12           | 11           | 8       | 30 |
| 2      | 5            | 6            | 8       | 30 |
| 3      | 4            | 3            | 1       | 30 |
| 4      | 8            | 7            | 1       | 30 |
| 5      | 1            | 2            | 1       | 30 |
| 6      | 9            | 10           | 1       | 30 |
| 7      | 5            | 4            | 3       | 30 |
| 8      | 6            | 7            | 3       | 30 |
| 9      | 1            | 12           | 3       | 30 |
| 10     | 10           | 11           | 3       | 30 |
| 11     | 3            | 2            | 10      | 30 |
| 12     | 8            | 9            | 10      | 30 |
| 13     | 13           | 14           | 6       | 30 |
| 14     | 15           | 16           | 6       | 30 |
| 15     | 17           | 18           | 1       | 30 |
| 16     | 19           | 20           | 1       | 30 |
| 17     | 21           | 22           | 1       | 30 |
| 18     | 23           | 24           | 1       | 30 |
| 19     | 25           | 26           | 10      | 30 |
| 20     | 27           | 28           | 10      | 30 |
| 21     | 29           | 30           | 1       | 30 |
| 22     | 31           | 32           | 1       | 30 |
| 23     | 33           | 34           | 1       | 30 |
| 24     | 35           | 36           | 1       | 30 |

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |



| N° Comb. | N        | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x |           |      |      | Vx |
|----------|----------|---|-----------|------|------|----|
|          |          | Mx  | My        | Vy   | Vx   |    |
| 1        | 10836.50 | 8762.10   | 21565.80  | 0.00 | 0.00 |    |
| 2        | 10087.40 | 8713.40   | 21504.10  | 0.00 | 0.00 |    |
| 3        | 10826.10 | -1497.30  | 19551.20  | 0.00 | 0.00 |    |
| 4        | 10077.00 | -1546.00  | 19489.50  | 0.00 | 0.00 |    |
| 5        | 10776.40 | 1852.70   | -11983.00 | 0.00 | 0.00 |    |
| 6        | 10027.30 | 1804.00   | -12044.60 | 0.00 | 0.00 |    |
| 7        | 10766.00 | -8406.70  | -13997.60 | 0.00 | 0.00 |    |
| 8        | 10016.90 | -8455.40  | -14059.30 | 0.00 | 0.00 |    |
| 9        | 11388.70 | 8698.10   | 13397.30  | 0.00 | 0.00 |    |
| 10       | 10639.60 | 8649.50   | 13335.60  | 0.00 | 0.00 |    |
| 11       | 11378.30 | -1561.30  | 11382.60  | 0.00 | 0.00 |    |
| 12       | 10629.20 | -1609.90  | 11321.00  | 0.00 | 0.00 |    |
| 13       | 11328.60 | 1788.70   | -20151.50 | 0.00 | 0.00 |    |
| 14       | 10579.50 | 1740.00   | -20213.20 | 0.00 | 0.00 |    |
| 15       | 11318.20 | -8470.70  | -22166.20 | 0.00 | 0.00 |    |
| 16       | 10569.10 | -8519.40  | -22227.80 | 0.00 | 0.00 |    |
| 17       | 10827.60 | 18313.10  | 12174.10  | 0.00 | 0.00 |    |
| 18       | 10078.50 | 18264.40  | 12112.40  | 0.00 | 0.00 |    |
| 19       | 10809.60 | 16240.30  | 2109.50   | 0.00 | 0.00 |    |
| 20       | 10060.50 | 16191.60  | 2047.80   | 0.00 | 0.00 |    |
| 21       | 10792.90 | -15884.90   | 5458.70   | 0.00 | 0.00 |    |
| 22       | 10043.80 | -15933.60   | 5397.10   | 0.00 | 0.00 |    |
| 23       | 10774.90 | -17957.70   | -4605.90  | 0.00 | 0.00 |    |
| 24       | 10025.80 | -18006.40   | -4667.60  | 0.00 | 0.00 |    |
| 25       | 11379.80 | 18249.10  | 4005.60   | 0.00 | 0.00 |    |
| 26       | 10630.70 | 18200.50  | 3943.90   | 0.00 | 0.00 |    |
| 27       | 11361.80 | 16176.30  | -6059.10  | 0.00 | 0.00 |    |
| 28       | 10612.70 | 16127.60  | -6120.70  | 0.00 | 0.00 |    |
| 29       | 11345.10 | -15948.90   | -2709.80  | 0.00 | 0.00 |    |
| 30       | 10596.00 | -15997.50   | -2771.50  | 0.00 | 0.00 |    |
| 31       | 11327.10 | -18021.70   | -12774.50 | 0.00 | 0.00 |    |
| 32       | 10578.00 | -18070.40   | -12836.10 | 0.00 | 0.00 |    |
| 33       | 11689.40 | 6400.60   | 9895.60   | 0.00 | 0.00 |    |
| 34       | 11679.00 | -3858.80  | 7881.00   | 0.00 | 0.00 |    |
| 35       | 11671.40 | 4327.80   | -169.00   | 0.00 | 0.00 |    |
| 36       | 11661.00 | -5931.60  | -2183.60  | 0.00 | 0.00 |    |
| 37       | 9192.40  | 6238.30   | 9690.10   | 0.00 | 0.00 |    |
| 38       | 9182.00  | -4021.10  | 7675.50   | 0.00 | 0.00 |    |
| 39       | 9174.40  | 4165.50   | -374.50   | 0.00 | 0.00 |    |
| 40       | 9164.00  | -6093.90  | -2389.10  | 0.00 | 0.00 |    |
| 41       | 12241.60 | 6336.60   | 1727.10   | 0.00 | 0.00 |    |
| 42       | 12231.20 | -3922.80  | -287.50   | 0.00 | 0.00 |    |
| 43       | 12223.60 | 4263.80   | -8337.50  | 0.00 | 0.00 |    |
| 44       | 12213.20 | -5995.60  | -10352.20 | 0.00 | 0.00 |    |
| 45       | 9744.60  | 6174.40   | 1521.60   | 0.00 | 0.00 |    |
| 46       | 9734.20  | -4085.00  | -493.00   | 0.00 | 0.00 |    |
| 47       | 9726.60  | 4101.50   | -8543.00  | 0.00 | 0.00 |    |
| 48       | 9716.20  | -6157.90  | -10557.70 | 0.00 | 0.00 |    |

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:

5.7 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N        | Mx        | My        | N Res    | Mx Res    | My Res    | Mis.Sic. | As Totale    |
|--------|-----|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|--------------|
| 1      | S   | 10836.50 | 8762.10   | 21565.80  | 10836.60 | 9411.86   | 22943.29  | 1.07     | 904.8(192.0) |
| 2      | S   | 10087.40 | 8713.40   | 21504.10  | 10087.39 | 9201.68   | 22606.70  | 1.05     | 904.8(192.0) |
| 3      | S   | 10826.10 | -1497.30  | 19551.20  | 10826.03 | -1879.73  | 24718.87  | 1.26     | 904.8(192.0) |
| 4      | S   | 10077.00 | -1546.00  | 19489.50  | 10077.06 | -1895.26  | 24332.29  | 1.25     | 904.8(192.0) |
| 5      | S   | 10776.40 | 1852.70   | -11983.00 | 10776.57 | 3758.63   | -24260.32 | 2.02     | 904.8(192.0) |
| 6      | S   | 10027.30 | 1804.00   | -12044.60 | 10027.14 | 3590.25   | -23915.75 | 1.99     | 904.8(192.0) |
| 7      | S   | 10766.00 | -8406.70  | -13997.60 | 10766.15 | -13285.85 | -21938.18 | 1.57     | 904.8(192.0) |
| 8      | S   | 10016.90 | -8455.40  | -14059.30 | 10017.05 | -12940.90 | -21633.74 | 1.54     | 904.8(192.0) |
| 9      | S   | 11388.70 | 8698.10   | 13397.30  | 11388.53 | 14268.71  | 22009.34  | 1.64     | 904.8(192.0) |
| 10     | S   | 10639.60 | 8649.50   | 13335.60  | 10639.77 | 14065.12  | 21671.64  | 1.63     | 904.8(192.0) |
| 11     | S   | 11378.30 | -1561.30  | 11382.60  | 11378.07 | -3484.16  | 24629.10  | 2.17     | 904.8(192.0) |
| 12     | S   | 10629.20 | -1609.90  | 11321.00  | 10629.30 | -3454.34  | 24255.19  | 2.14     | 904.8(192.0) |
| 13     | S   | 11328.60 | 1788.70   | -20151.50 | 11328.77 | 2195.85   | -24901.10 | 1.24     | 904.8(192.0) |
| 14     | S   | 10579.50 | 1740.00   | -20213.20 | 10579.47 | 2147.27   | -24531.42 | 1.21     | 904.8(192.0) |
| 15     | S   | 11318.20 | -8470.70  | -22166.20 | 11318.30 | -8890.61  | -23318.02 | 1.05     | 904.8(192.0) |
| 16     | S   | 10569.10 | -8519.40  | -22227.80 | 10569.33 | -8770.36  | -22961.92 | 1.03     | 904.8(192.0) |
| 17     | S   | 10827.60 | 18313.10  | 12174.10  | 10827.60 | 27082.48  | 18049.67  | 1.48     | 904.8(192.0) |
| 18     | S   | 10078.50 | 18264.40  | 12112.40  | 10078.26 | 26787.13  | 17723.60  | 1.47     | 904.8(192.0) |
| 19     | S   | 10809.60 | 16240.30  | 2109.50   | 10809.74 | 49055.80  | 6265.63   | 3.02     | 904.8(192.0) |
| 20     | S   | 10060.50 | 16191.60  | 2047.80   | 10060.51 | 48215.91  | 6192.38   | 2.98     | 904.8(192.0) |
| 21     | S   | 10792.90 | -15884.90 | 5458.70   | 10793.10 | -38702.79 | 13304.99  | 2.44     | 904.8(192.0) |
| 22     | S   | 10043.80 | -15933.60 | 5397.10   | 10043.95 | -38317.54 | 12944.04  | 2.40     | 904.8(192.0) |
| 23     | S   | 10774.90 | -17957.70 | -4605.90  | 10774.63 | -42650.67 | -10935.58 | 2.38     | 904.8(192.0) |
| 24     | S   | 10025.80 | -18006.40 | -4667.60  | 10025.55 | -41773.59 | -10867.02 | 2.32     | 904.8(192.0) |
| 25     | S   | 11379.80 | 18249.10  | 4005.60   | 11379.78 | 44846.92  | 9975.29   | 2.46     | 904.8(192.0) |
| 26     | S   | 10630.70 | 18200.50  | 3943.90   | 10630.56 | 44437.64  | 9593.45   | 2.44     | 904.8(192.0) |
| 27     | S   | 11361.80 | 16176.30  | -6059.10  | 11361.76 | 37608.34  | -14282.14 | 2.33     | 904.8(192.0) |
| 28     | S   | 10612.70 | 16127.60  | -6120.70  | 10612.60 | 36782.26  | -14159.33 | 2.28     | 904.8(192.0) |
| 29     | S   | 11345.10 | -15948.90 | -2709.80  | 11345.28 | -47479.06 | -8022.71  | 2.98     | 904.8(192.0) |
| 30     | S   | 10596.00 | -15997.50 | -2771.50  | 10595.81 | -46555.69 | -8012.81  | 2.91     | 904.8(192.0) |
| 31     | S   | 11327.10 | -18021.70 | -12774.50 | 11327.36 | -26187.00 | -18611.22 | 1.45     | 904.8(192.0) |
| 32     | S   | 10578.00 | -18070.40 | -12836.10 | 10577.87 | -25767.32 | -18329.54 | 1.43     | 904.8(192.0) |
| 33     | S   | 11689.40 | 6400.60   | 9895.60   | 11689.51 | 14410.92  | 22128.58  | 2.24     | 904.8(192.0) |
| 34     | S   | 11679.00 | -3858.80  | 7881.00   | 11678.83 | -11310.03 | 22908.10  | 2.91     | 904.8(192.0) |
| 35     | S   | 11671.40 | 4327.80   | -169.00   | 11671.18 | 54784.22  | -2389.29  | 12.66    | 904.8(192.0) |
| 36     | S   | 11661.00 | -5931.60  | -2183.60  | 11660.90 | -38367.34 | -14114.62 | 6.47     | 904.8(192.0) |
| 37     | S   | 9192.40  | 6238.30   | 9690.10   | 9192.41  | 13657.24  | 21011.47  | 2.17     | 904.8(192.0) |
| 38     | S   | 9182.00  | -4021.10  | 7675.50   | 9181.95  | -11202.52 | 21633.70  | 2.81     | 904.8(192.0) |
| 39     | S   | 9174.40  | 4165.50   | -374.50   | 9174.62  | 49371.24  | -4327.92  | 11.85    | 904.8(192.0) |
| 40     | S   | 9164.00  | -6093.90  | -2389.10  | 9164.07  | -35104.82 | -13938.68 | 5.77     | 904.8(192.0) |
| 41     | S   | 12241.60 | 6336.60   | 1727.10   | 12241.39 | 43015.34  | 11922.21  | 6.80     | 904.8(192.0) |
| 42     | S   | 12231.20 | -3922.80  | -287.50   | 12231.22 | -53867.83 | -3732.13  | 13.73    | 904.8(192.0) |

|    |   |          |          |           |          |           |           |       |              |
|----|---|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------|--------------|
| 43 | S | 12223.60 | 4263.80  | -8337.50  | 12223.61 | 11703.02  | -23088.92 | 2.76  | 904.8(192.0) |
| 44 | S | 12213.20 | -5995.60 | -10352.20 | 12213.37 | -13162.45 | -22716.62 | 2.19  | 904.8(192.0) |
| 45 | S | 9744.60  | 6174.40  | 1521.60   | 9744.70  | 42115.77  | 10398.88  | 6.82  | 904.8(192.0) |
| 46 | S | 9734.20  | -4085.00 | -493.00   | 9734.06  | -48493.31 | -5636.66  | 11.86 | 904.8(192.0) |
| 47 | S | 9726.60  | 4101.50  | -8543.00  | 9726.37  | 10684.63  | -22050.84 | 2.59  | 904.8(192.0) |
| 48 | S | 9716.20  | -6157.90 | -10557.70 | 9716.18  | -12495.85 | -21588.75 | 2.04  | 904.8(192.0) |

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
|        | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00135 | 100.0  | 200.0  | 0.00124 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 2      | 0.00133 | 100.0  | 200.0  | 0.00121 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 3      | 0.00128 | 100.0  | -200.0 | 0.00116 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 4      | 0.00125 | 100.0  | -200.0 | 0.00114 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 5      | 0.00129 | -100.0 | 200.0  | 0.00118 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 6      | 0.00127 | -100.0 | 200.0  | 0.00115 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 7      | 0.00138 | -100.0 | -200.0 | 0.00127 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 8      | 0.00136 | -100.0 | -200.0 | 0.00125 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 9      | 0.00141 | 100.0  | 200.0  | 0.00130 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 10     | 0.00138 | 100.0  | 200.0  | 0.00128 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 11     | 0.00131 | 100.0  | -200.0 | 0.00119 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 12     | 0.00129 | 100.0  | -200.0 | 0.00117 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 13     | 0.00129 | -100.0 | 200.0  | 0.00118 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 14     | 0.00127 | -100.0 | 200.0  | 0.00116 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 15     | 0.00136 | -100.0 | -200.0 | 0.00125 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 16     | 0.00134 | -100.0 | -200.0 | 0.00122 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 17     | 0.00147 | 100.0  | 200.0  | 0.00137 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 18     | 0.00145 | 100.0  | 200.0  | 0.00135 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 19     | 0.00120 | 100.0  | 200.0  | 0.00113 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 20     | 0.00118 | 100.0  | 200.0  | 0.00111 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 21     | 0.00143 | 100.0  | -200.0 | 0.00134 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 22     | 0.00140 | 100.0  | -200.0 | 0.00131 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 23     | 0.00136 | -100.0 | -200.0 | 0.00128 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 24     | 0.00133 | -100.0 | -200.0 | 0.00125 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 25     | 0.00134 | 100.0  | 200.0  | 0.00126 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 26     | 0.00131 | 100.0  | 200.0  | 0.00123 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 27     | 0.00147 | -100.0 | 200.0  | 0.00138 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 28     | 0.00145 | -100.0 | 200.0  | 0.00136 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 29     | 0.00128 | -100.0 | -200.0 | 0.00120 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 30     | 0.00126 | -100.0 | -200.0 | 0.00118 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 31     | 0.00148 | -100.0 | -200.0 | 0.00138 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 32     | 0.00146 | -100.0 | -200.0 | 0.00136 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 33     | 0.00142 | 100.0  | 200.0  | 0.00131 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 34     | 0.00139 | 100.0  | -200.0 | 0.00128 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 35     | 0.00109 | -100.0 | 200.0  | 0.00103 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 36     | 0.00148 | -100.0 | -200.0 | 0.00138 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 37     | 0.00134 | 100.0  | 200.0  | 0.00123 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |

|    |         |        |        |         |       |        |          |       |        |
|----|---------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|-------|--------|
| 38 | 0.00132 | 100.0  | -200.0 | 0.00121 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 39 | 0.00109 | -100.0 | 200.0  | 0.00103 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 40 | 0.00140 | -100.0 | -200.0 | 0.00131 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 41 | 0.00143 | 100.0  | 200.0  | 0.00134 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 42 | 0.00115 | -100.0 | -200.0 | 0.00109 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 43 | 0.00141 | -100.0 | 200.0  | 0.00130 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 44 | 0.00142 | -100.0 | -200.0 | 0.00131 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 45 | 0.00131 | 100.0  | 200.0  | 0.00123 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 46 | 0.00115 | -100.0 | -200.0 | 0.00108 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 47 | 0.00133 | -100.0 | 200.0  | 0.00122 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 48 | 0.00134 | -100.0 | -200.0 | 0.00123 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a            | b            | c            | x/d | C.Rid. |
|--------|--------------|--------------|--------------|-----|--------|
| 1      | 0.000014475  | 0.000001076  | -0.000312553 | --- | ---    |
| 2      | 0.000014388  | 0.000001056  | -0.000324453 | --- | ---    |
| 3      | 0.000015835  | -0.000000219 | -0.000351583 | --- | ---    |
| 4      | 0.000015710  | -0.000000222 | -0.000362682 | --- | ---    |
| 5      | -0.000015484 | 0.000000437  | -0.000342151 | --- | ---    |
| 6      | -0.000015393 | 0.000000418  | -0.000354180 | --- | ---    |
| 7      | -0.000013766 | -0.000001505 | -0.000295701 | --- | ---    |
| 8      | -0.000013702 | -0.000001472 | -0.000307989 | --- | ---    |
| 9      | 0.000013694  | 0.000001608  | -0.000282534 | --- | ---    |
| 10     | 0.000013604  | 0.000001591  | -0.000294102 | --- | ---    |
| 11     | 0.000015632  | -0.000000404 | -0.000334697 | --- | ---    |
| 12     | 0.000015516  | -0.000000402 | -0.000345949 | --- | ---    |
| 13     | -0.000015858 | 0.000000256  | -0.000342374 | --- | ---    |
| 14     | -0.000015746 | 0.000000251  | -0.000353792 | --- | ---    |
| 15     | -0.000014648 | -0.000001016 | -0.000308088 | --- | ---    |
| 16     | -0.000014546 | -0.000001006 | -0.000319541 | --- | ---    |
| 17     | 0.000011176  | 0.000003003  | -0.000247161 | --- | ---    |
| 18     | 0.000011078  | 0.000002990  | -0.000258787 | --- | ---    |
| 19     | 0.000003499  | 0.000006086  | -0.000365278 | --- | ---    |
| 20     | 0.000003452  | 0.000006050  | -0.000376533 | --- | ---    |
| 21     | 0.000007857  | -0.000004531 | -0.000260579 | --- | ---    |
| 22     | 0.000007646  | -0.000004556 | -0.000275498 | --- | ---    |
| 23     | -0.000006218 | -0.000005147 | -0.000294033 | --- | ---    |
| 24     | -0.000006195 | -0.000005101 | -0.000305100 | --- | ---    |
| 25     | 0.000005620  | 0.000005402  | -0.000300242 | --- | ---    |
| 26     | 0.000005399  | 0.000005427  | -0.000316076 | --- | ---    |
| 27     | -0.000008542 | 0.000004299  | -0.000241718 | --- | ---    |
| 28     | -0.000008527 | 0.000004245  | -0.000253496 | --- | ---    |
| 29     | -0.000004486 | -0.000005790 | -0.000330593 | --- | ---    |
| 30     | -0.000004478 | -0.000005741 | -0.000340828 | --- | ---    |
| 31     | -0.000011460 | -0.000002893 | -0.000241996 | --- | ---    |
| 32     | -0.000011393 | -0.000002864 | -0.000253873 | --- | ---    |
| 33     | 0.000013719  | 0.000001621  | -0.000277640 | --- | ---    |
| 34     | 0.000014273  | -0.000001283 | -0.000291495 | --- | ---    |
| 35     | -0.000001362 | 0.000006856  | -0.000415077 | --- | ---    |
| 36     | -0.000008389 | -0.000004386 | -0.000239202 | --- | ---    |
| 37     | 0.000013430  | 0.000001558  | -0.000316663 | --- | ---    |

|    |              |              |              |     |     |
|----|--------------|--------------|--------------|-----|-----|
| 38 | 0.000013875  | -0.000001285 | -0.000328019 | --- | --- |
| 39 | -0.000002417 | 0.000006333  | -0.000418052 | --- | --- |
| 40 | -0.000008524 | -0.000004129 | -0.000276291 | --- | --- |
| 41 | 0.000006809  | 0.000005039  | -0.000259960 | --- | --- |
| 42 | -0.000002119 | -0.000006642 | -0.000386090 | --- | --- |
| 43 | -0.000014293 | 0.000001323  | -0.000281903 | --- | --- |
| 44 | -0.000014030 | -0.000001482 | -0.000275548 | --- | --- |
| 45 | 0.000005905  | 0.000005184  | -0.000315825 | --- | --- |
| 46 | -0.000003142 | -0.000006131 | -0.000389715 | --- | --- |
| 47 | -0.000014061 | 0.000001224  | -0.000322572 | --- | --- |
| 48 | -0.000013731 | -0.000001425 | -0.000314322 | --- | --- |

- VERIFICHE A z=4.00m

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: Amandola\_Pila1-Taglio1\_Sismica**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Pilastro                 |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                       |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                      |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                           |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                               |                                 |                             |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -                | Classe:                         | C32/40                      |
|                               | Resis. compr. di progetto fcd:  | 18.1 MPa                    |
|                               | Def.unit. max resistenza ec2:   | 0.0020                      |
|                               | Def.unit. ultima ecu:           | 0.0035                      |
|                               | Diagramma tensione-deformaz.:   | Parabola-Rettangolo         |
|                               | Modulo Elastico Normale Ec:     | 33345.8 MPa                 |
| Resis. media a trazione fctm: | 3.02 MPa                        |                             |
| ACCIAIO -                     | Tipo:                           | B450C                       |
|                               | Resist. caratt. snervam. fyk:   | 450.0 MPa                   |
|                               | Resist. caratt. rottura ftk:    | 450.0 MPa                   |
|                               | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.3 MPa                   |
|                               | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.3 MPa                   |
|                               | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068                       |
|                               | Modulo Elastico Ef              | 2100000 daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito                |                             |

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -100.0 | -100.0 |
| 2          | -60.0  | -100.0 |
| 3          | -60.0  | 100.0  |
| 4          | -100.0 | 100.0  |
| 5          | -100.0 | 200.0  |

|    |        |        |
|----|--------|--------|
| 6  | 100.0  | 200.0  |
| 7  | 100.0  | 100.0  |
| 8  | 60.0   | 100.0  |
| 9  | 60.0   | -100.0 |
| 10 | 100.0  | -100.0 |
| 11 | 100.0  | -200.0 |
| 12 | -100.0 | -200.0 |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -92.8  | -107.2 | 30        |
| 2       | -52.8  | -107.2 | 30        |
| 3       | -52.8  | 107.2  | 30        |
| 4       | -92.8  | 107.2  | 30        |
| 5       | -92.8  | 192.8  | 30        |
| 6       | 92.8   | 192.8  | 30        |
| 7       | 92.8   | 107.2  | 30        |
| 8       | 52.8   | 107.2  | 30        |
| 9       | 52.8   | -107.2 | 30        |
| 10      | 92.8   | -107.2 | 30        |
| 11      | 92.8   | -192.8 | 30        |
| 12      | -92.8  | -192.8 | 30        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |
|--------------|---|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 12           | 11           | 8       | 30 |
| 2      | 5            | 6            | 8       | 30 |
| 3      | 4            | 3            | 1       | 30 |
| 4      | 8            | 7            | 1       | 30 |
| 5      | 1            | 2            | 1       | 30 |
| 6      | 9            | 10           | 1       | 30 |
| 7      | 5            | 4            | 3       | 30 |
| 8      | 6            | 7            | 3       | 30 |
| 9      | 1            | 12           | 3       | 30 |
| 10     | 10           | 11           | 3       | 30 |
| 11     | 3            | 2            | 10      | 30 |
| 12     | 8            | 9            | 10      | 30 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |

| N° Comb. | N        | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x |           |      |      | Vx |
|----------|----------|---|-----------|------|------|----|
|          |          | Mx  | My        | Vy   | Vx   |    |
| 1        | 10196.20 | 6339.70   | 14477.90  | 0.00 | 0.00 |    |
| 2        | 9447.70  | 6296.10   | 14440.50  | 0.00 | 0.00 |    |
| 3        | 10185.80 | -1171.60  | 13174.90  | 0.00 | 0.00 |    |
| 4        | 9437.20  | -1215.20  | 13137.50  | 0.00 | 0.00 |    |
| 5        | 10136.10 | 1443.20   | -8126.40  | 0.00 | 0.00 |    |
| 6        | 9387.60  | 1399.60   | -8163.80  | 0.00 | 0.00 |    |
| 7        | 10125.70 | -6068.10  | -9429.40  | 0.00 | 0.00 |    |
| 8        | 9377.20  | -6111.70  | -9466.80  | 0.00 | 0.00 |    |
| 9        | 10748.40 | 6352.90   | 9032.60   | 0.00 | 0.00 |    |
| 10       | 9999.90  | 6309.30   | 8995.10   | 0.00 | 0.00 |    |
| 11       | 10738.00 | -1158.40  | 7729.50   | 0.00 | 0.00 |    |
| 12       | 9989.50  | -1202.00  | 7692.10   | 0.00 | 0.00 |    |
| 13       | 10688.40 | 1456.40   | -13571.70 | 0.00 | 0.00 |    |
| 14       | 9939.80  | 1412.80   | -13609.10 | 0.00 | 0.00 |    |
| 15       | 10677.90 | -6054.90  | -14874.80 | 0.00 | 0.00 |    |
| 16       | 9929.40  | -6098.50  | -14912.20 | 0.00 | 0.00 |    |
| 17       | 10187.30 | 13389.20  | 8086.60   | 0.00 | 0.00 |    |
| 18       | 9438.80  | 13345.50  | 8049.20   | 0.00 | 0.00 |    |
| 19       | 10169.30 | 11920.20  | 1305.30   | 0.00 | 0.00 |    |
| 20       | 9420.80  | 11876.60  | 1267.90   | 0.00 | 0.00 |    |
| 21       | 10152.60 | -11648.60   | 3743.20   | 0.00 | 0.00 |    |
| 22       | 9404.10  | -11692.20   | 3705.80   | 0.00 | 0.00 |    |
| 23       | 10134.60 | -13117.50   | -3038.10  | 0.00 | 0.00 |    |
| 24       | 9386.10  | -13161.20   | -3075.50  | 0.00 | 0.00 |    |
| 25       | 10739.50 | 13402.40  | 2641.30   | 0.00 | 0.00 |    |
| 26       | 9991.00  | 13358.70  | 2603.90   | 0.00 | 0.00 |    |
| 27       | 10721.50 | 11933.40  | -4140.00  | 0.00 | 0.00 |    |
| 28       | 9973.00  | 11889.80  | -4177.40  | 0.00 | 0.00 |    |
| 29       | 10704.80 | -11635.40   | -1702.20  | 0.00 | 0.00 |    |
| 30       | 9956.30  | -11679.00   | -1739.60  | 0.00 | 0.00 |    |
| 31       | 10686.80 | -13104.30   | -8483.50  | 0.00 | 0.00 |    |
| 32       | 9938.30  | -13148.00   | -8520.90  | 0.00 | 0.00 |    |
| 33       | 11048.40 | 4676.90   | 6610.10   | 0.00 | 0.00 |    |
| 34       | 11038.00 | -2834.50  | 5307.00   | 0.00 | 0.00 |    |
| 35       | 11030.40 | 3207.90   | -171.20   | 0.00 | 0.00 |    |
| 36       | 11020.00 | -4303.40  | -1474.30  | 0.00 | 0.00 |    |
| 37       | 8553.40  | 4531.40   | 6485.40   | 0.00 | 0.00 |    |
| 38       | 8543.00  | -2979.90  | 5182.30   | 0.00 | 0.00 |    |
| 39       | 8535.40  | 3062.50   | -295.90   | 0.00 | 0.00 |    |
| 40       | 8525.00  | -4448.90  | -1599.00  | 0.00 | 0.00 |    |
| 41       | 11600.60 | 4690.10   | 1164.70   | 0.00 | 0.00 |    |
| 42       | 11590.20 | -2821.30  | -138.30   | 0.00 | 0.00 |    |
| 43       | 11582.60 | 3221.10   | -5616.60  | 0.00 | 0.00 |    |
| 44       | 11572.20 | -4290.20  | -6919.60  | 0.00 | 0.00 |    |
| 45       | 9105.60  | 4544.60   | 1040.00   | 0.00 | 0.00 |    |
| 46       | 9095.20  | -2966.70  | -263.00   | 0.00 | 0.00 |    |
| 47       | 9087.60  | 3075.70   | -5741.30  | 0.00 | 0.00 |    |
| 48       | 9077.20  | -4435.70  | -7044.30  | 0.00 | 0.00 |    |

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:

5.7 cm



Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.5 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N        | Mx        | My        | N Res    | Mx Res    | My Res    | Mis.Sic. | As Totale    |
|--------|-----|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|--------------|
| 1      | S   | 10196.20 | 6339.70   | 14477.90  | 10196.00 | 6837.90   | 15591.42  | 1.08     | 452.4(192.0) |
| 2      | S   | 9447.70  | 6296.10   | 14440.50  | 9447.65  | 6694.11   | 15196.84  | 1.05     | 452.4(192.0) |
| 3      | S   | 10185.80 | -1171.60  | 13174.90  | 10185.85 | -1498.03  | 16550.98  | 1.26     | 452.4(192.0) |
| 4      | S   | 9437.20  | -1215.20  | 13137.50  | 9436.99  | -1460.48  | 16140.20  | 1.23     | 452.4(192.0) |
| 5      | S   | 10136.10 | 1443.20   | -8126.40  | 10136.09 | 2907.25   | -16279.02 | 2.00     | 452.4(192.0) |
| 6      | S   | 9387.60  | 1399.60   | -8163.80  | 9387.62  | 2649.50   | -15906.56 | 1.95     | 452.4(192.0) |
| 7      | S   | 10125.70 | -6068.10  | -9429.40  | 10125.59 | -9572.81  | -15008.62 | 1.59     | 452.4(192.0) |
| 8      | S   | 9377.20  | -6111.70  | -9466.80  | 9377.08  | -9522.32  | -14592.35 | 1.55     | 452.4(192.0) |
| 9      | S   | 10748.40 | 6352.90   | 9032.60   | 10748.13 | 10657.48  | 15134.38  | 1.68     | 452.4(192.0) |
| 10     | S   | 9999.90  | 6309.30   | 8995.10   | 10000.06 | 10376.19  | 14770.38  | 1.64     | 452.4(192.0) |
| 11     | S   | 10738.00 | -1158.40  | 7729.50   | 10738.05 | -2469.12  | 16688.42  | 2.16     | 452.4(192.0) |
| 12     | S   | 9989.50  | -1202.00  | 7692.10   | 9989.53  | -2560.27  | 16258.30  | 2.11     | 452.4(192.0) |
| 13     | S   | 10688.40 | 1456.40   | -13571.70 | 10688.45 | 1855.27   | -16767.44 | 1.24     | 452.4(192.0) |
| 14     | S   | 9939.80  | 1412.80   | -13609.10 | 9939.57  | 1734.66   | -16374.46 | 1.20     | 452.4(192.0) |
| 15     | S   | 10677.90 | -6054.90  | -14874.80 | 10677.63 | -6440.12  | -15936.00 | 1.07     | 452.4(192.0) |
| 16     | S   | 9929.40  | -6098.50  | -14912.20 | 9929.33  | -6371.44  | -15530.76 | 1.04     | 452.4(192.0) |
| 17     | S   | 10187.30 | 13389.20  | 8086.60   | 10187.21 | 20481.13  | 12370.06  | 1.53     | 452.4(192.0) |
| 18     | S   | 9438.80  | 13345.50  | 8049.20   | 9438.76  | 20045.75  | 12032.76  | 1.50     | 452.4(192.0) |
| 19     | S   | 10169.30 | 11920.20  | 1305.30   | 10169.22 | 33792.79  | 3687.16   | 2.83     | 452.4(192.0) |
| 20     | S   | 9420.80  | 11876.60  | 1267.90   | 9420.80  | 32973.62  | 3461.49   | 2.78     | 452.4(192.0) |
| 21     | S   | 10152.60 | -11648.60 | 3743.20   | 10152.62 | -28054.14 | 8956.70   | 2.41     | 452.4(192.0) |
| 22     | S   | 9404.10  | -11692.20 | 3705.80   | 9404.38  | -27228.04 | 8751.13   | 2.33     | 452.4(192.0) |
| 23     | S   | 10134.60 | -13117.50 | -3038.10  | 10134.36 | -30412.93 | -7090.05  | 2.32     | 452.4(192.0) |
| 24     | S   | 9386.10  | -13161.20 | -3075.50  | 9386.16  | -29449.86 | -7008.00  | 2.24     | 452.4(192.0) |
| 25     | S   | 10739.50 | 13402.40  | 2641.30   | 10739.59 | 32112.87  | 6290.39   | 2.40     | 452.4(192.0) |
| 26     | S   | 9991.00  | 13358.70  | 2603.90   | 9990.74  | 31364.51  | 6017.53   | 2.35     | 452.4(192.0) |
| 27     | S   | 10721.50 | 11933.40  | -4140.00  | 10721.53 | 27845.19  | -9650.87  | 2.33     | 452.4(192.0) |
| 28     | S   | 9973.00  | 11889.80  | -4177.40  | 9973.18  | 26945.95  | -9496.80  | 2.27     | 452.4(192.0) |
| 29     | S   | 10704.80 | -11635.40 | -1702.20  | 10704.77 | -33407.62 | -4921.82  | 2.87     | 452.4(192.0) |
| 30     | S   | 9956.30  | -11679.00 | -1739.60  | 9956.14  | -32413.05 | -4898.68  | 2.78     | 452.4(192.0) |
| 31     | S   | 10686.80 | -13104.30 | -8483.50  | 10686.78 | -19920.39 | -12841.00 | 1.52     | 452.4(192.0) |
| 32     | S   | 9938.30  | -13148.00 | -8520.90  | 9938.29  | -19216.01 | -12588.65 | 1.47     | 452.4(192.0) |
| 33     | S   | 11048.40 | 4676.90   | 6610.10   | 11048.46 | 10757.69  | 15281.51  | 2.31     | 452.4(192.0) |
| 34     | S   | 11038.00 | -2834.50  | 5307.00   | 11038.23 | -8505.00  | 15735.60  | 2.97     | 452.4(192.0) |
| 35     | S   | 11030.40 | 3207.90   | -171.20   | 11030.52 | 36370.93  | -1961.35  | 11.34    | 452.4(192.0) |
| 36     | S   | 11020.00 | -4303.40  | -1474.30  | 11020.19 | -28236.90 | -9688.29  | 6.56     | 452.4(192.0) |
| 37     | S   | 8553.40  | 4531.40   | 6485.40   | 8553.59  | 9878.49   | 14040.64  | 2.17     | 452.4(192.0) |
| 38     | S   | 8543.00  | -2979.90  | 5182.30   | 8542.94  | -8179.90  | 14384.88  | 2.77     | 452.4(192.0) |
| 39     | S   | 8535.40  | 3062.50   | -295.90   | 8535.43  | 32157.07  | -2999.31  | 10.50    | 452.4(192.0) |
| 40     | S   | 8525.00  | -4448.90  | -1599.00  | 8525.07  | -25200.57 | -9166.36  | 5.67     | 452.4(192.0) |
| 41     | S   | 11600.60 | 4690.10   | 1164.70   | 11600.59 | 31611.05  | 7817.69   | 6.74     | 452.4(192.0) |
| 42     | S   | 11590.20 | -2821.30  | -138.30   | 11590.29 | -37142.62 | -1927.77  | 13.17    | 452.4(192.0) |



|    |   |          |          |          |          |           |           |       |              |
|----|---|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-------|--------------|
| 43 | S | 11582.60 | 3221.10  | -5616.60 | 11582.66 | 9085.34   | -15920.59 | 2.83  | 452.4(192.0) |
| 44 | S | 11572.20 | -4290.20 | -6919.60 | 11572.36 | -9703.88  | -15790.17 | 2.28  | 452.4(192.0) |
| 45 | S | 9105.60  | 4544.60  | 1040.00  | 9105.55  | 29342.22  | 6750.02   | 6.46  | 452.4(192.0) |
| 46 | S | 9095.20  | -2966.70 | -263.00  | 9095.32  | -32965.62 | -2948.13  | 11.11 | 452.4(192.0) |
| 47 | S | 9087.60  | 3075.70  | -5741.30 | 9087.58  | 7840.00   | -14767.12 | 2.57  | 452.4(192.0) |
| 48 | S | 9077.20  | -4435.70 | -7044.30 | 9077.13  | -9142.88  | -14498.07 | 2.06  | 452.4(192.0) |

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
|        | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00121 | 100.0  | 200.0  | 0.00111 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 2      | 0.00119 | 100.0  | 200.0  | 0.00108 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 3      | 0.00113 | 100.0  | -200.0 | 0.00102 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 4      | 0.00110 | 100.0  | -200.0 | 0.00099 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 5      | 0.00115 | -100.0 | 200.0  | 0.00104 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 6      | 0.00112 | -100.0 | 200.0  | 0.00101 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 7      | 0.00125 | -100.0 | -200.0 | 0.00114 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 8      | 0.00122 | -100.0 | -200.0 | 0.00112 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 9      | 0.00129 | 100.0  | 200.0  | 0.00118 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 10     | 0.00126 | 100.0  | 200.0  | 0.00115 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 11     | 0.00117 | 100.0  | -200.0 | 0.00106 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 12     | 0.00114 | 100.0  | -200.0 | 0.00103 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 13     | 0.00115 | -100.0 | 200.0  | 0.00104 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 14     | 0.00113 | -100.0 | 200.0  | 0.00102 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 15     | 0.00123 | -100.0 | -200.0 | 0.00112 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 16     | 0.00120 | -100.0 | -200.0 | 0.00109 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 17     | 0.00136 | 100.0  | 200.0  | 0.00126 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 18     | 0.00133 | 100.0  | 200.0  | 0.00123 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 19     | 0.00101 | 100.0  | 200.0  | 0.00095 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 20     | 0.00097 | 100.0  | 200.0  | 0.00091 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 21     | 0.00127 | 100.0  | -200.0 | 0.00119 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 22     | 0.00124 | 100.0  | -200.0 | 0.00116 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 23     | 0.00118 | -100.0 | -200.0 | 0.00110 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 24     | 0.00115 | -100.0 | -200.0 | 0.00108 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 25     | 0.00116 | 100.0  | 200.0  | 0.00109 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 26     | 0.00112 | 100.0  | 200.0  | 0.00105 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 27     | 0.00132 | -100.0 | 200.0  | 0.00124 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 28     | 0.00129 | -100.0 | 200.0  | 0.00121 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 29     | 0.00109 | -100.0 | -200.0 | 0.00102 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 30     | 0.00106 | -100.0 | -200.0 | 0.00100 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 31     | 0.00137 | -100.0 | -200.0 | 0.00127 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 32     | 0.00134 | -100.0 | -200.0 | 0.00124 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 33     | 0.00130 | 100.0  | 200.0  | 0.00119 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 34     | 0.00127 | 100.0  | -200.0 | 0.00116 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 35     | 0.00095 | -100.0 | 200.0  | 0.00089 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 36     | 0.00133 | -100.0 | -200.0 | 0.00125 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 37     | 0.00120 | 100.0  | 200.0  | 0.00109 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |

|    |         |        |        |         |       |        |          |       |        |
|----|---------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|-------|--------|
| 38 | 0.00117 | 100.0  | -200.0 | 0.00107 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 39 | 0.00092 | -100.0 | 200.0  | 0.00086 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 40 | 0.00124 | -100.0 | -200.0 | 0.00115 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 41 | 0.00126 | 100.0  | 200.0  | 0.00118 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 42 | 0.00097 | -100.0 | -200.0 | 0.00091 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 43 | 0.00129 | -100.0 | 200.0  | 0.00119 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 44 | 0.00130 | -100.0 | -200.0 | 0.00119 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 45 | 0.00113 | 100.0  | 200.0  | 0.00106 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 46 | 0.00094 | -100.0 | -200.0 | 0.00088 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 47 | 0.00119 | -100.0 | 200.0  | 0.00108 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 48 | 0.00121 | -100.0 | -200.0 | 0.00110 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a            | b            | c            | x/d | C.Rid. |
|--------|--------------|--------------|--------------|-----|--------|
| 1      | 0.000013897  | 0.000001014  | -0.000378232 | --- | ---    |
| 2      | 0.000013776  | 0.000001000  | -0.000392194 | --- | ---    |
| 3      | 0.000015066  | -0.000000227 | -0.000421496 | --- | ---    |
| 4      | 0.000014926  | -0.000000223 | -0.000435238 | --- | ---    |
| 5      | -0.000014746 | 0.000000438  | -0.000410385 | --- | ---    |
| 6      | -0.000014655 | 0.000000402  | -0.000425850 | --- | ---    |
| 7      | -0.000013280 | -0.000001406 | -0.000359841 | --- | ---    |
| 8      | -0.000013132 | -0.000001410 | -0.000372894 | --- | ---    |
| 9      | 0.000013171  | 0.000001550  | -0.000342121 | --- | ---    |
| 10     | 0.000013075  | 0.000001522  | -0.000356542 | --- | ---    |
| 11     | 0.000014960  | -0.000000371 | -0.000403429 | --- | ---    |
| 12     | 0.000014793  | -0.000000387 | -0.000415905 | --- | ---    |
| 13     | -0.000015085 | 0.000000280  | -0.000409481 | --- | ---    |
| 14     | -0.000014966 | 0.000000263  | -0.000423882 | --- | ---    |
| 15     | -0.000014082 | -0.000000952 | -0.000372957 | --- | ---    |
| 16     | -0.000013945 | -0.000000949 | -0.000386335 | --- | ---    |
| 17     | 0.000010658  | 0.000002967  | -0.000302200 | --- | ---    |
| 18     | 0.000010549  | 0.000002944  | -0.000316822 | --- | ---    |
| 19     | 0.000002582  | 0.000006047  | -0.000457865 | --- | ---    |
| 20     | 0.000002420  | 0.000006037  | -0.000474727 | --- | ---    |
| 21     | 0.000006862  | -0.000004617 | -0.000336430 | --- | ---    |
| 22     | 0.000006757  | -0.000004586 | -0.000352166 | --- | ---    |
| 23     | -0.000005139 | -0.000005223 | -0.000379496 | --- | ---    |
| 24     | -0.000005107 | -0.000005169 | -0.000392711 | --- | ---    |
| 25     | 0.000004488  | 0.000005488  | -0.000388725 | --- | ---    |
| 26     | 0.000004294  | 0.000005490  | -0.000406475 | --- | ---    |
| 27     | -0.000007536 | 0.000004416  | -0.000312609 | --- | ---    |
| 28     | -0.000007503 | 0.000004357  | -0.000327102 | --- | ---    |
| 29     | -0.000003468 | -0.000005812 | -0.000420905 | --- | ---    |
| 30     | -0.000003455 | -0.000005756 | -0.000432975 | --- | ---    |
| 31     | -0.000010961 | -0.000002858 | -0.000295246 | --- | ---    |
| 32     | -0.000010938 | -0.000002789 | -0.000310662 | --- | ---    |
| 33     | 0.000013212  | 0.000001560  | -0.000336453 | --- | ---    |
| 34     | 0.000013704  | -0.000001244 | -0.000351822 | --- | ---    |
| 35     | -0.000001385 | 0.000006484  | -0.000484634 | --- | ---    |
| 36     | -0.000007525 | -0.000004448 | -0.000307351 | --- | ---    |
| 37     | 0.000012872  | 0.000001475  | -0.000384497 | --- | ---    |

|    |              |              |              |     |     |
|----|--------------|--------------|--------------|-----|-----|
| 38 | 0.000013254  | -0.000001227 | -0.000396736 | --- | --- |
| 39 | -0.000002092 | 0.000006068  | -0.000499261 | --- | --- |
| 40 | -0.000007429 | -0.000004243 | -0.000355959 | --- | --- |
| 41 | 0.000005676  | 0.000005166  | -0.000340666 | --- | --- |
| 42 | -0.000001366 | -0.000006535 | -0.000476693 | --- | --- |
| 43 | -0.000013688 | 0.000001319  | -0.000338643 | --- | --- |
| 44 | -0.000013551 | -0.000001406 | -0.000334644 | --- | --- |
| 45 | 0.000004906  | 0.000005213  | -0.000402947 | --- | --- |
| 46 | -0.000002057 | -0.000006124 | -0.000491761 | --- | --- |
| 47 | -0.000013446 | 0.000001171  | -0.000389839 | --- | --- |
| 48 | -0.000013153 | -0.000001359 | -0.000380650 | --- | --- |

### 7.1.2 Verifiche SLU e SLE in condizioni statiche

Si riportano di seguito i tabulati delle verifiche SLU e SLE in condizioni statiche.

Vale il seguente significato dei simboli:

|         |   |
|---------|---|
| N[kN]   | azione assiale  |
| Mx[kNm] | momento flettente in direzione <u>trasversale</u> alla pila   |
| My[kNm] | momento flettente in direzione <u>longitudinale</u> alla pila |

Le combinazioni SLU e SLE-rare (caratteristiche) elencate nei tabulati di verifica possono essere così sintetizzate:

- Le n°8, n°16, n°26 e n°34: combinazioni con vento principale;
- Le n°17, n°18, n°35 e n°36: combinazioni con termica principale;
- Nelle restanti combinazioni si considera il traffico come principale (gruppi di carico 1, 2a e 2b).

Per la lista completa delle combinazioni SLU e SLE si rimanda rispettivamente al §5.1 e 5.2.

Le sollecitazioni elementari sono riportate al §6.3.2.

- VERIFICHE ALLO SPICCATO (z=0m)

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Amandola\_Pila1-Spiccato\_Statica**

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Pilastro        |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                                      |  |                     |                     |
|--------------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                       | Classe:  | C32/40              |                     |
|                                      | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.1                | MPa                 |
|                                      | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020              |                     |
|                                      | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035              |                     |
|                                      | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo |                     |
|                                      | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33345.8             | MPa                 |
|                                      | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.02                | MPa                 |
|                                      | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |                     |
|                                      | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 19.2                | MPa                 |
|                                      | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 19.2                | MPa                 |
|                                      | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300               | mm                  |
|                                      | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 14.4                | MPa                 |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200  | mm                  |                     |
| ACCIAIO -                            | Tipo:  | B450C               |                     |
|                                      | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0               | MPa                 |
|                                      | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0               | MPa                 |
|                                      | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3               | MPa                 |
|                                      | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3               | MPa                 |
|                                      | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068               |                     |
|                                      | Modulo Elastico Ef                                   | 2100000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                                      | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito    |                     |
|                                      | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                |                     |
|                                      | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                |                     |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare:         | 360.00   | MPa                 |                     |

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -100.0 | -100.0 |
| 2          | -60.0  | -100.0 |
| 3          | -60.0  | 100.0  |
| 4          | -100.0 | 100.0  |
| 5          | -100.0 | 200.0  |
| 6          | 100.0  | 200.0  |
| 7          | 100.0  | 100.0  |
| 8          | 60.0   | 100.0  |

|    |        |        |
|----|--------|--------|
| 9  | 60.0   | -100.0 |
| 10 | 100.0  | -100.0 |
| 11 | 100.0  | -200.0 |
| 12 | -100.0 | -200.0 |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -92.8  | -107.2 | 30        |
| 2       | -52.8  | -107.2 | 30        |
| 3       | -52.8  | 107.2  | 30        |
| 4       | -92.8  | 107.2  | 30        |
| 5       | -92.8  | 192.8  | 30        |
| 6       | 92.8   | 192.8  | 30        |
| 7       | 92.8   | 107.2  | 30        |
| 8       | 52.8   | 107.2  | 30        |
| 9       | 52.8   | -107.2 | 30        |
| 10      | 92.8   | -107.2 | 30        |
| 11      | 92.8   | -192.8 | 30        |
| 12      | -92.8  | -192.8 | 30        |
| 13      | -72.0  | 186.8  | 30        |
| 14      | 72.0   | 186.8  | 30        |
| 15      | -72.0  | -186.8 | 30        |
| 16      | 72.0   | -186.8 | 30        |
| 17      | -86.8  | 171.5  | 30        |
| 18      | -86.8  | 128.5  | 30        |
| 19      | 86.8   | 171.5  | 30        |
| 20      | 86.8   | 128.5  | 30        |
| 21      | -86.8  | -171.5 | 30        |
| 22      | -86.8  | -128.5 | 30        |
| 23      | 86.8   | -171.5 | 30        |
| 24      | 86.8   | -128.5 | 30        |
| 25      | -46.8  | 107.2  | 30        |
| 26      | -46.8  | -107.2 | 30        |
| 27      | 46.8   | 107.2  | 30        |
| 28      | 46.8   | -107.2 | 30        |
| 29      | -80.6  | 171.0  | 30        |
| 30      | -80.6  | 128.5  | 30        |
| 31      | 80.6   | 171.0  | 30        |
| 32      | 80.6   | 128.5  | 30        |
| 33      | -80.6  | -171.0 | 30        |
| 34      | -80.6  | -128.5 | 30        |
| 35      | 80.6   | -171.0 | 30        |
| 36      | 80.6   | -128.5 | 30        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |
|--------------|---|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 12           | 11           | 8       | 30 |

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 2  | 5  | 6  | 8  | 30 |
| 3  | 4  | 3  | 1  | 30 |
| 4  | 8  | 7  | 1  | 30 |
| 5  | 1  | 2  | 1  | 30 |
| 6  | 9  | 10 | 1  | 30 |
| 7  | 5  | 4  | 3  | 30 |
| 8  | 6  | 7  | 3  | 30 |
| 9  | 1  | 12 | 3  | 30 |
| 10 | 10 | 11 | 3  | 30 |
| 11 | 3  | 2  | 10 | 30 |
| 12 | 8  | 9  | 10 | 30 |
| 13 | 13 | 14 | 6  | 30 |
| 14 | 15 | 16 | 6  | 30 |
| 15 | 17 | 18 | 1  | 30 |
| 16 | 19 | 20 | 1  | 30 |
| 17 | 21 | 22 | 1  | 30 |
| 18 | 23 | 24 | 1  | 30 |
| 19 | 25 | 26 | 10 | 30 |
| 20 | 27 | 28 | 10 | 30 |
| 21 | 29 | 30 | 1  | 30 |
| 22 | 31 | 32 | 1  | 30 |
| 23 | 33 | 34 | 1  | 30 |
| 24 | 35 | 36 | 1  | 30 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |          |          |      |      |
|---------|--|----------|----------|------|------|
| Mx      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |          |          |      |      |
| My      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |          |          |      |      |
| Vy      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |          |          |      |      |
| Vx      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x  |          |          |      |      |
| N°Comb. | N  | Mx       | My       | Vy   | Vx   |
| 1       | 14412.40   | 8210.90  | 6821.60  | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 19638.50   | 16902.60 | 6981.80  | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 18496.10   | 19975.50 | 6987.80  | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 18440.50   | -1463.80 | 6847.40  | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 14618.50   | 8732.30  | 7968.10  | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 14622.30   | 8587.90  | 5491.70  | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 16786.70   | 13288.90 | 6772.30  | 0.00 | 0.00 |
| 8       | 17157.60   | 20716.90 | 6760.20  | 0.00 | 0.00 |
| 9       | 15236.00   | 8061.70  | -6612.50 | 0.00 | 0.00 |
| 10      | 20462.00   | 16753.50 | -6452.30 | 0.00 | 0.00 |
| 11      | 19319.70   | 19826.30 | -6446.30 | 0.00 | 0.00 |
| 12      | 19264.10   | -1613.00 | -6586.70 | 0.00 | 0.00 |
| 13      | 15442.00   | 8583.20  | -5466.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14      | 15445.90   | 8438.70  | -7942.40 | 0.00 | 0.00 |
| 15      | 17610.30   | 13139.80 | -6661.80 | 0.00 | 0.00 |
| 16      | 17981.20   | 20567.70 | -6673.90 | 0.00 | 0.00 |
| 17      | 16639.40   | 14831.50 | 11198.70 | 0.00 | 0.00 |
| 18      | 17784.80   | 14537.50 | -9499.10 | 0.00 | 0.00 |
| 19      | 14424.80   | -9761.70 | 8923.00  | 0.00 | 0.00 |
| 20      | 19650.90   | -1069.90 | 9083.20  | 0.00 | 0.00 |

|    |          |           |          |      |      |
|----|----------|-----------|----------|------|------|
| 21 | 18508.60 | 2002.90   | 9089.30  | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 18453.00 | -19436.40 | 8948.80  | 0.00 | 0.00 |
| 23 | 14630.90 | -9240.20  | 10069.50 | 0.00 | 0.00 |
| 24 | 14634.80 | -9384.70  | 7593.10  | 0.00 | 0.00 |
| 25 | 16768.70 | -15648.00 | 8791.30  | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 17147.80 | -20201.80 | 10180.10 | 0.00 | 0.00 |
| 27 | 15248.40 | -9910.90  | -4511.10 | 0.00 | 0.00 |
| 28 | 20474.50 | -1219.10  | -4350.90 | 0.00 | 0.00 |
| 29 | 19332.20 | 1853.70   | -4344.80 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 19276.60 | -19585.50 | -4485.30 | 0.00 | 0.00 |
| 31 | 15454.50 | -9389.40  | -3364.60 | 0.00 | 0.00 |
| 32 | 15458.40 | -9533.90  | -5841.00 | 0.00 | 0.00 |
| 33 | 17592.20 | -15797.20 | -4642.80 | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 17971.40 | -20351.00 | -3254.00 | 0.00 | 0.00 |
| 35 | 16621.30 | -14105.50 | 13217.60 | 0.00 | 0.00 |
| 36 | 17766.70 | -14399.50 | -7480.20 | 0.00 | 0.00 |

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N        | Mx        | My       |
|---------|----------|-----------|----------|
| 1       | 10427.90 | 5412.60   | 4546.90  |
| 2       | 14299.10 | 11850.90  | 4665.60  |
| 3       | 13452.90 | 14127.10  | 4670.00  |
| 4       | 13411.70 | -1753.80  | 4566.00  |
| 5       | 10580.60 | 5798.90   | 5396.20  |
| 6       | 10583.40 | 5691.90   | 3561.80  |
| 7       | 12186.70 | 9174.10   | 4510.40  |
| 8       | 12433.90 | 14232.30  | 4505.50  |
| 9       | 11033.80 | 5324.50   | -4832.30 |
| 10      | 14904.90 | 11762.80  | -4713.60 |
| 11      | 14058.80 | 14039.00  | -4709.10 |
| 12      | 14017.60 | -1841.90  | -4813.20 |
| 13      | 11186.40 | 5710.70   | -3983.00 |
| 14      | 11189.30 | 5603.70   | -5817.40 |
| 15      | 12792.50 | 9086.00   | -4868.80 |
| 16      | 13039.80 | 14144.20  | -4873.60 |
| 17      | 12088.40 | 10308.70  | 7464.50  |
| 18      | 12908.80 | 10124.00  | -6757.10 |
| 19      | 10058.70 | -5409.80  | 5884.10  |
| 20      | 13929.80 | 1028.60   | 6002.70  |
| 21      | 13083.60 | 3304.70   | 6007.20  |
| 22      | 13042.50 | -12576.20 | 5903.20  |
| 23      | 10211.30 | -5023.50  | 6733.30  |
| 24      | 10214.20 | -5130.50  | 4899.00  |
| 25      | 11794.80 | -9770.10  | 5786.50  |
| 26      | 11795.90 | -11926.80 | 6673.10  |
| 27      | 10664.50 | -5497.90  | -3495.10 |
| 28      | 14535.60 | 940.40    | -3376.40 |
| 29      | 13689.50 | 3216.60   | -3371.90 |
| 30      | 13648.30 | -12664.30 | -3476.00 |

|    |          |           |          |
|----|----------|-----------|----------|
| 31 | 10817.10 | -5111.60  | -2645.80 |
| 32 | 10820.00 | -5218.60  | -4480.20 |
| 33 | 12400.70 | -9858.20  | -3592.70 |
| 34 | 12401.70 | -12014.90 | -2706.10 |
| 35 | 11696.50 | -8635.50  | 8740.60  |
| 36 | 12517.00 | -8820.10  | -5481.00 |

### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N        | Mx                   | My                   |
|---------|----------|----------------------|----------------------|
| 1       | 10235.20 | -266.80 (-1807.01)   | 3803.80 (25762.78)   |
| 2       | 12258.40 | 3144.30 (14316.00)   | 3860.00 (17574.58)   |
| 3       | 11839.60 | 4224.10 (14325.48)   | 3867.30 (13115.44)   |
| 4       | 11817.00 | -3897.70 (-14454.19) | 3806.20 (14114.87)   |
| 5       | 10787.40 | -330.80 (-1563.64)   | -4364.70 (-20631.31) |
| 6       | 12810.60 | 3080.30 (11846.67)   | -4308.50 (-16570.26) |
| 7       | 12391.80 | 4160.10 (12490.19)   | -4301.30 (-12914.12) |
| 8       | 12369.20 | -3961.70 (-11901.87) | -4362.40 (-13105.67) |
| 9       | 10402.20 | 171.50 (721.90)      | 4483.80 (18873.78)   |
| 10      | 11008.10 | 83.40 (310.20)       | -4895.40 (-18207.81) |

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N        | Mx               | My                   |
|---------|----------|------------------|----------------------|
| 1       | 10426.70 | 153.40 (1217.57) | 3753.30 (29790.84)   |
| 2       | 10978.90 | 89.40 (450.61)   | -4415.30 (-22254.93) |

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|  |        |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 5.7 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 3.0 cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |



Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N        | Mx        | My       | N Res    | Mx Res    | My Res    | Mis.Sic. | As Totale    |
|--------|-----|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|--------------|
| 1      | S   | 14412.40 | 8210.90   | 6821.60  | 14412.69 | 35134.98  | 28985.42  | 4.27     | 904.8(192.0) |
| 2      | S   | 19638.50 | 16902.60  | 6981.80  | 19638.61 | 55140.94  | 23002.06  | 3.27     | 904.8(192.0) |
| 3      | S   | 18496.10 | 19975.50  | 6987.80  | 18496.30 | 59382.98  | 20803.59  | 2.97     | 904.8(192.0) |
| 4      | S   | 18440.50 | -1463.80  | 6847.40  | 18440.59 | -7612.38  | 35803.78  | 5.23     | 904.8(192.0) |
| 5      | S   | 14618.50 | 8732.30   | 7968.10  | 14618.56 | 32621.73  | 29763.82  | 3.74     | 904.8(192.0) |
| 6      | S   | 14622.30 | 8587.90   | 5491.70  | 14622.15 | 41970.90  | 26831.02  | 4.89     | 904.8(192.0) |
| 7      | S   | 16786.70 | 13288.90  | 6772.30  | 16786.59 | 48530.07  | 24960.43  | 3.66     | 904.8(192.0) |
| 8      | S   | 17157.60 | 20716.90  | 6760.20  | 17157.56 | 60554.29  | 19865.91  | 2.92     | 904.8(192.0) |
| 9      | S   | 15236.00 | 8061.70   | -6612.50 | 15235.96 | 35398.93  | -29207.53 | 4.40     | 904.8(192.0) |
| 10     | S   | 20462.00 | 16753.50  | -6452.30 | 20461.95 | 57437.16  | -22226.93 | 3.43     | 904.8(192.0) |
| 11     | S   | 19319.70 | 19826.30  | -6446.30 | 19319.83 | 61863.32  | -19910.72 | 3.12     | 904.8(192.0) |
| 12     | S   | 19264.10 | -1613.00  | -6586.70 | 19264.27 | -8670.72  | -36046.06 | 5.47     | 904.8(192.0) |
| 13     | S   | 15442.00 | 8583.20   | -5466.00 | 15441.83 | 42419.53  | -26932.90 | 4.94     | 904.8(192.0) |
| 14     | S   | 15445.90 | 8438.70   | -7942.40 | 15446.03 | 32247.93  | -30168.69 | 3.81     | 904.8(192.0) |
| 15     | S   | 17610.30 | 13139.80  | -6661.80 | 17610.28 | 49037.08  | -24998.70 | 3.74     | 904.8(192.0) |
| 16     | S   | 17981.20 | 20567.70  | -6673.90 | 17981.39 | 61131.92  | -19850.44 | 2.97     | 904.8(192.0) |
| 17     | S   | 16639.40 | 14831.50  | 11198.70 | 16639.48 | 38239.15  | 28794.04  | 2.58     | 904.8(192.0) |
| 18     | S   | 17784.80 | 14537.50  | -9499.10 | 17784.69 | 42182.69  | -27734.75 | 2.91     | 904.8(192.0) |
| 19     | S   | 14424.80 | -9761.70  | 8923.00  | 14424.94 | -32491.79 | 29727.62  | 3.33     | 904.8(192.0) |
| 20     | S   | 19650.90 | -1069.90  | 9083.20  | 19650.98 | -4442.25  | 36546.41  | 4.03     | 904.8(192.0) |
| 21     | S   | 18508.60 | 2002.90   | 9089.30  | 18508.66 | 7810.41   | 35814.26  | 3.94     | 904.8(192.0) |
| 22     | S   | 18453.00 | -19436.40 | 8948.80  | 18452.95 | -52049.52 | 23992.30  | 2.68     | 904.8(192.0) |
| 23     | S   | 14630.90 | -9240.20  | 10069.50 | 14630.91 | -28265.13 | 30857.49  | 3.06     | 904.8(192.0) |
| 24     | S   | 14634.80 | -9384.70  | 7593.10  | 14635.04 | -35559.87 | 28943.58  | 3.80     | 904.8(192.0) |
| 25     | S   | 16768.70 | -15648.00 | 8791.30  | 16768.65 | -46326.08 | 25841.69  | 2.96     | 904.8(192.0) |
| 26     | S   | 17147.80 | -20201.80 | 10180.10 | 17147.99 | -49114.08 | 24831.25  | 2.43     | 904.8(192.0) |
| 27     | S   | 15248.40 | -9910.90  | -4511.10 | 15248.27 | -51075.09 | -23444.75 | 5.16     | 904.8(192.0) |
| 28     | S   | 20474.50 | -1219.10  | -4350.90 | 20474.44 | -10252.37 | -36361.94 | 8.36     | 904.8(192.0) |
| 29     | S   | 19332.20 | 1853.70   | -4344.80 | 19331.96 | 15050.89  | -35262.54 | 8.12     | 904.8(192.0) |
| 30     | S   | 19276.60 | -19585.50 | -4485.30 | 19276.58 | -69930.02 | -15930.04 | 3.57     | 904.8(192.0) |
| 31     | S   | 15454.50 | -9389.40  | -3364.60 | 15454.50 | -57803.37 | -20572.10 | 6.15     | 904.8(192.0) |
| 32     | S   | 15458.40 | -9533.90  | -5841.00 | 15458.38 | -43308.25 | -26606.14 | 4.55     | 904.8(192.0) |
| 33     | S   | 17592.20 | -15797.20 | -4642.80 | 17592.01 | -63613.06 | -18566.91 | 4.02     | 904.8(192.0) |
| 34     | S   | 17971.40 | -20351.00 | -3254.00 | 17971.66 | -75460.56 | -12180.77 | 3.71     | 904.8(192.0) |
| 35     | S   | 16621.30 | -14105.50 | 13217.60 | 16621.53 | -32621.85 | 30483.03  | 2.31     | 904.8(192.0) |
| 36     | S   | 17766.70 | -14399.50 | -7480.20 | 17766.77 | -48581.46 | -25230.92 | 3.37     | 904.8(192.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00324 | 92.8   | 192.8  | -0.00488 | -92.8  | -192.8 |
| 2      | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00328 | 92.8   | 192.8  | -0.00435 | -92.8  | -192.8 |

|    |         |        |        |         |       |        |          |       |        |
|----|---------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|-------|--------|
| 3  | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00328 | 92.8  | 192.8  | -0.00452 | -92.8 | -192.8 |
| 4  | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00317 | 92.8  | -192.8 | -0.00578 | -92.8 | 192.8  |
| 5  | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00324 | 92.8  | 192.8  | -0.00493 | -92.8 | -192.8 |
| 6  | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00325 | 92.8  | 192.8  | -0.00474 | -92.8 | -192.8 |
| 7  | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00327 | 92.8  | 192.8  | -0.00454 | -92.8 | -192.8 |
| 8  | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00328 | 92.8  | 192.8  | -0.00469 | -92.8 | -192.8 |
| 9  | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00324 | -92.8 | 192.8  | -0.00480 | 92.8  | -192.8 |
| 10 | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00328 | -92.8 | 192.8  | -0.00431 | 92.8  | -192.8 |
| 11 | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00328 | -92.8 | 192.8  | -0.00450 | 92.8  | -192.8 |
| 12 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00318 | -92.8 | -192.8 | -0.00559 | 92.8  | 192.8  |
| 13 | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00326 | -92.8 | 192.8  | -0.00467 | 92.8  | -192.8 |
| 14 | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00324 | -92.8 | 192.8  | -0.00486 | 92.8  | -192.8 |
| 15 | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00327 | -92.8 | 192.8  | -0.00447 | 92.8  | -192.8 |
| 16 | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00328 | -92.8 | 192.8  | -0.00462 | 92.8  | -192.8 |
| 17 | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00325 | 92.8  | 192.8  | -0.00462 | -92.8 | -192.8 |
| 18 | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00326 | -92.8 | 192.8  | -0.00449 | 92.8  | -192.8 |
| 19 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00324 | 92.8  | -192.8 | -0.00495 | -92.8 | 192.8  |
| 20 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00316 | 92.8  | -192.8 | -0.00585 | -92.8 | 192.8  |
| 21 | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00317 | 92.8  | 192.8  | -0.00576 | -92.8 | -192.8 |
| 22 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00327 | 92.8  | -192.8 | -0.00442 | -92.8 | 192.8  |
| 23 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00323 | 92.8  | -192.8 | -0.00508 | -92.8 | 192.8  |
| 24 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00324 | 92.8  | -192.8 | -0.00485 | -92.8 | 192.8  |
| 25 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00326 | 92.8  | -192.8 | -0.00454 | -92.8 | 192.8  |
| 26 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00327 | 92.8  | -192.8 | -0.00451 | -92.8 | 192.8  |
| 27 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00327 | -92.8 | -192.8 | -0.00468 | 92.8  | 192.8  |
| 28 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00319 | -92.8 | -192.8 | -0.00532 | 92.8  | 192.8  |
| 29 | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00320 | -92.8 | 192.8  | -0.00519 | 92.8  | -192.8 |
| 30 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00329 | -92.8 | -192.8 | -0.00483 | 92.8  | 192.8  |
| 31 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00327 | -92.8 | -192.8 | -0.00479 | 92.8  | 192.8  |
| 32 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00326 | -92.8 | -192.8 | -0.00466 | 92.8  | 192.8  |
| 33 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00328 | -92.8 | -192.8 | -0.00475 | 92.8  | 192.8  |
| 34 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00328 | -92.8 | -192.8 | -0.00545 | 92.8  | 192.8  |
| 35 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00324 | 92.8  | -192.8 | -0.00474 | -92.8 | 192.8  |
| 36 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00327 | -92.8 | -192.8 | -0.00446 | 92.8  | 192.8  |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a            | b            | c            | x/d  | C.Rid. |
|--------|--------------|--------------|--------------|------|--------|
| 1      | 0.000028815  | 0.000007184  | -0.000818222 | ---- | ----   |
| 2      | 0.000021493  | 0.000009426  | -0.000534577 | ---- | ----   |
| 3      | 0.000020226  | 0.000010487  | -0.000620010 | ---- | ----   |
| 4      | 0.000043415  | -0.000002326 | -0.001306723 | ---- | ----   |
| 5      | 0.000029813  | 0.000006820  | -0.000845329 | ---- | ----   |
| 6      | 0.000026219  | 0.000008108  | -0.000743404 | ---- | ----   |
| 7      | 0.000023806  | 0.000008780  | -0.000636616 | ---- | ----   |
| 8      | 0.000019869  | 0.000011094  | -0.000705687 | ---- | ----   |
| 9      | -0.000028480 | 0.000007142  | -0.000776400 | ---- | ----   |
| 10     | -0.000020735 | 0.000009696  | -0.000512627 | ---- | ----   |
| 11     | -0.000019397 | 0.000010858  | -0.000611217 | ---- | ----   |
| 12     | -0.000041914 | -0.000002560 | -0.001203293 | ---- | ----   |
| 13     | -0.000025924 | 0.000008070  | -0.000706442 | ---- | ----   |
| 14     | -0.000029715 | 0.000006699  | -0.000811309 | ---- | ----   |

|    |              |              |              |     |     |
|----|--------------|--------------|--------------|-----|-----|
| 15 | -0.000023548 | 0.000008741  | -0.000603021 | --- | --- |
| 16 | -0.000019661 | 0.000011021  | -0.000670232 | --- | --- |
| 17 | 0.000027075  | 0.000007385  | -0.000684541 | --- | --- |
| 18 | -0.000025588 | 0.000007775  | -0.000613676 | --- | --- |
| 19 | 0.000029929  | -0.000006819 | -0.000856776 | --- | --- |
| 20 | 0.000045598  | -0.000001430 | -0.001345804 | --- | --- |
| 21 | 0.000043188  | 0.000002374  | -0.001293501 | --- | --- |
| 22 | 0.000022542  | -0.000009092 | -0.000572641 | --- | --- |
| 23 | 0.000031830  | -0.000006211 | -0.000925189 | --- | --- |
| 24 | 0.000028579  | -0.000007221 | -0.000802055 | --- | --- |
| 25 | 0.000024486  | -0.000008454 | -0.000639320 | --- | --- |
| 26 | 0.000023580  | -0.000008819 | -0.000621829 | --- | --- |
| 27 | -0.000023164 | -0.000009460 | -0.000708302 | --- | --- |
| 28 | -0.000039892 | -0.000002874 | -0.001064058 | --- | --- |
| 29 | -0.000037164 | 0.000003873  | -0.000990991 | --- | --- |
| 30 | -0.000016774 | -0.000012977 | -0.000772825 | --- | --- |
| 31 | -0.000020850 | -0.000010870 | -0.000759114 | --- | --- |
| 32 | -0.000025632 | -0.000008193 | -0.000701727 | --- | --- |
| 33 | -0.000018826 | -0.000011762 | -0.000735081 | --- | --- |
| 34 | -0.000014512 | -0.000015652 | -0.001081626 | --- | --- |
| 35 | 0.000029207  | -0.000006652 | -0.000750990 | --- | --- |
| 36 | -0.000023666 | -0.000008651 | -0.000596806 | --- | --- |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|                |  |
|----------------|--|
| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata   |
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]                        |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)                      |
| Ss min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]                                 |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)                    |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 4.60   | 100.0  | 200.0  | -28.8  | -92.8  | -192.8 | 1933    | 70.7    |
| 2      | S   | 6.34   | 100.0  | 200.0  | -40.8  | -92.8  | -192.8 | 1823    | 63.6    |
| 3      | S   | 6.89   | 100.0  | 200.0  | -55.5  | -92.8  | -192.8 | 2385    | 70.7    |
| 4      | S   | 4.12   | 100.0  | -200.0 | -7.9   | -92.8  | 192.8  | 593     | 21.2    |
| 5      | S   | 5.26   | 100.0  | 200.0  | -39.9  | -92.8  | -192.8 | 2323    | 84.8    |
| 6      | S   | 4.07   | 100.0  | 200.0  | -19.2  | -92.8  | -192.8 | 1227    | 35.3    |
| 7      | S   | 5.52   | 100.0  | 200.0  | -36.5  | -92.8  | -192.8 | 1912    | 63.6    |
| 8      | S   | 6.80   | 100.0  | 200.0  | -59.7  | -92.8  | -192.8 | 2634    | 84.8    |
| 9      | S   | 4.79   | -100.0 | 200.0  | -29.2  | 92.8   | -192.8 | 1888    | 63.6    |
| 10     | S   | 6.37   | -100.0 | 200.0  | -38.4  | 92.8   | -192.8 | 1682    | 63.6    |
| 11     | S   | 6.90   | -100.0 | 200.0  | -52.4  | 92.8   | -192.8 | 2226    | 70.7    |
| 12     | S   | 4.33   | -100.0 | -200.0 | -8.6   | 92.8   | 192.8  | 613     | 21.2    |
| 13     | S   | 4.36   | -100.0 | 200.0  | -21.3  | 92.8   | -192.8 | 1403    | 49.5    |
| 14     | S   | 5.52   | -100.0 | 200.0  | -41.5  | 92.8   | -192.8 | 2315    | 84.8    |
| 15     | S   | 5.75   | -100.0 | 200.0  | -37.5  | 92.8   | -192.8 | 1893    | 63.6    |
| 16     | S   | 7.02   | -100.0 | 200.0  | -60.2  | 92.8   | -192.8 | 2546    | 77.8    |
| 17     | S   | 7.85   | 100.0  | 200.0  | -80.8  | -92.8  | -192.8 | 3000    | 91.9    |
| 18     | S   | 7.28   | -100.0 | 200.0  | -64.4  | 92.8   | -192.8 | 2651    | 91.9    |
| 19     | S   | 5.51   | 100.0  | -200.0 | -47.9  | -92.8  | 192.8  | 2606    | 91.9    |
| 20     | S   | 4.83   | 100.0  | 200.0  | -17.2  | -92.8  | -192.8 | 1401    | 56.5    |
| 21     | S   | 5.22   | 100.0  | 200.0  | -27.1  | -92.8  | -192.8 | 1745    | 63.6    |
| 22     | S   | 7.31   | 100.0  | -200.0 | -64.5  | -92.8  | 192.8  | 2656    | 84.8    |

|    |   |      |        |        |       |       |        |      |      |
|----|---|------|--------|--------|-------|-------|--------|------|------|
| 23 | S | 6.04 | 100.0  | -200.0 | -58.3 | -92.8 | 192.8  | 2809 | 91.9 |
| 24 | S | 4.76 | 100.0  | -200.0 | -32.7 | -92.8 | 192.8  | 2132 | 84.8 |
| 25 | S | 6.51 | 100.0  | -200.0 | -56.2 | -92.8 | 192.8  | 2593 | 84.8 |
| 26 | S | 7.70 | 100.0  | -200.0 | -79.2 | -92.8 | 192.8  | 3041 | 91.9 |
| 27 | S | 3.99 | -100.0 | -200.0 | -17.7 | 92.8  | 192.8  | 1142 | 28.3 |
| 28 | S | 3.55 | -100.0 | 200.0  | 4.7   | 92.8  | -192.8 | ---- | ---- |
| 29 | S | 3.80 | -100.0 | 200.0  | -2.2  | 92.8  | -192.8 | 194  | 7.1  |
| 30 | S | 5.76 | -100.0 | -200.0 | -34.4 | 92.8  | 192.8  | 1649 | 56.5 |
| 31 | S | 3.45 | -100.0 | -200.0 | -8.5  | 92.8  | 192.8  | 502  | 14.1 |
| 32 | S | 4.54 | -100.0 | -200.0 | -25.8 | 92.8  | 192.8  | 1755 | 56.5 |
| 33 | S | 5.11 | -100.0 | -200.0 | -28.8 | 92.8  | 192.8  | 1503 | 56.5 |
| 34 | S | 5.07 | -100.0 | -200.0 | -28.7 | 92.8  | 192.8  | 1574 | 49.5 |
| 35 | S | 8.40 | 100.0  | -200.0 | -96.6 | -92.8 | 192.8  | 3198 | 91.9 |
| 36 | S | 6.08 | -100.0 | -200.0 | -44.4 | 92.8  | 192.8  | 2206 | 84.8 |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

|             |   |
|-------------|---|
| Ver.        | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$   |
| e1          | Esito della verifica  |
| e2          | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                           |
| k1          | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                            |
| kt          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]   |
| k2          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  |
| k3          | = 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  |
| k4          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali   |
| Ø           | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali   |
| Cf          | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{eff}}$ [eq.(7.11)EC2]                         |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa   |
| sr max      | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]   |
| wk          | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]   |
| Mx fess.    | Massima distanza tra le fessure [mm]  |
| My fess.    | Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]   |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]   |

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk             | Mx fess   | My fess   |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|----------------|-----------|-----------|
| 1     | S   | -0.00015 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00008 (0.00008) | 333    | 0.027 (990.00) | 10428.84  | 8760.84   |
| 2     | S   | -0.00021 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00012 (0.00012) | 340    | 0.040 (990.00) | 16762.14  | 6599.12   |
| 3     | S   | -0.00029 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00016 (0.00016) | 366    | 0.058 (990.00) | 16381.58  | 5415.26   |
| 4     | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00002 (0.00002) | 336    | 0.008 (990.00) | -8602.38  | 22396.20  |
| 5     | S   | -0.00021 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00011 (0.00011) | 333    | 0.038 (990.00) | 8785.89   | 8175.76   |
| 6     | S   | -0.00010 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00005 (0.00005) | 371    | 0.020 (990.00) | 15013.01  | 9394.64   |
| 7     | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00010 (0.00010) | 347    | 0.036 (990.00) | 14460.43  | 7109.40   |
| 8     | S   | -0.00031 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00017 (0.00017) | 352    | 0.060 (990.00) | 16051.28  | 5081.33   |
| 9     | S   | -0.00015 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00008 (0.00008) | 345    | 0.029 (990.00) | 10020.42  | -9094.12  |
| 10    | S   | -0.00020 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00011 (0.00011) | 329    | 0.036 (990.00) | 17203.23  | -6893.69  |
| 11    | S   | -0.00027 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00015 (0.00015) | 354    | 0.053 (990.00) | 16757.20  | -5620.86  |
| 12    | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00002 (0.00002) | 341    | 0.008 (990.00) | -8384.26  | -21909.50 |
| 13    | S   | -0.00011 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00006 (0.00006) | 338    | 0.021 (990.00) | 13676.37  | -9538.76  |
| 14    | S   | -0.00022 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00012 (0.00012) | 333    | 0.039 (990.00) | 8156.06   | -8467.09  |
| 15    | S   | -0.00020 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00011 (0.00011) | 346    | 0.037 (990.00) | 13813.85  | -7402.25  |
| 16    | S   | -0.00031 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00017 (0.00017) | 361    | 0.062 (990.00) | 15518.41  | -5347.11  |
| 17    | S   | -0.00041 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00023 (0.00023) | 360    | 0.083 (990.00) | 9035.47   | 6542.55   |
| 18    | S   | -0.00033 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00018 (0.00018) | 341    | 0.063 (990.00) | 10224.74  | -6824.34  |
| 19    | S   | -0.00025 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00014 (0.00014) | 338    | 0.046 (990.00) | -7358.02  | 8003.13   |
| 20    | S   | -0.00010 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00005 (0.00005) | 320    | 0.016 (990.00) | 2861.12   | 16696.89  |
| 21    | S   | -0.00015 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00008 (0.00008) | 334    | 0.026 (990.00) | 6418.22   | 11666.89  |
| 22    | S   | -0.00033 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00018 (0.00018) | 354    | 0.065 (990.00) | -12779.41 | 5998.59   |
| 23    | S   | -0.00030 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00017 (0.00017) | 350    | 0.058 (990.00) | -6009.09  | 8054.35   |

|    |   |          |         |       |      |      |                   |      |                |           |           |
|----|---|----------|---------|-------|------|------|-------------------|------|----------------|-----------|-----------|
| 24 | S | -0.00017 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00009 (0.00009) | 322  | 0.030 (990.00) | -9060.49  | 8651.66   |
| 25 | S | -0.00029 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00016 (0.00016) | 350  | 0.056 (990.00) | -11183.07 | 6623.36   |
| 26 | S | -0.00040 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00023 (0.00023) | 363  | 0.082 (990.00) | -10658.65 | 5963.56   |
| 27 | S | -0.00010 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00005 (0.00005) | 400  | 0.020 (990.00) | -15462.86 | -9829.98  |
| 28 | S | 0.00000  | 0.00000 | ----  | ---- | ---- | ----              | ---- | 0.000 (990.00) | 0.00      | 0.00      |
| 29 | S | -0.00002 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 334  | 0.002 (990.00) | 36105.72  | -37848.93 |
| 30 | S | -0.00018 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00010 (0.00010) | 343  | 0.034 (990.00) | -21153.08 | -5805.93  |
| 31 | S | -0.00005 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00002 (0.00002) | 375  | 0.009 (990.00) | -25367.54 | -13130.41 |
| 32 | S | -0.00014 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00007 (0.00007) | 352  | 0.026 (990.00) | -10823.57 | -9292.10  |
| 33 | S | -0.00015 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00008 (0.00008) | 329  | 0.027 (990.00) | -18839.95 | -6865.99  |
| 34 | S | -0.00015 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00008 (0.00008) | 356  | 0.029 (990.00) | -23906.68 | -5384.47  |
| 35 | S | -0.00049 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00028 (0.00028) | 371  | 0.102 (990.00) | -6843.19  | 6926.48   |
| 36 | S | -0.00023 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00013 (0.00013) | 326  | 0.041 (990.00) | -11799.54 | -7332.49  |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 3.13   | 100.0  | -200.0 | -5.8   | -92.8  | 192.8  | 907     | 35.3    |
| 2      | S   | 3.88   | 100.0  | 200.0  | -9.0   | -92.8  | -192.8 | 507     | 14.1    |
| 3      | S   | 4.05   | 100.0  | 200.0  | -13.4  | -92.8  | -192.8 | 859     | 28.3    |
| 4      | S   | 3.95   | 100.0  | -200.0 | -11.9  | -92.8  | 192.8  | 786     | 21.2    |
| 5      | S   | 3.50   | -100.0 | -200.0 | -9.4   | 92.8   | 192.8  | 1720    | 56.5    |
| 6      | S   | 4.16   | -100.0 | 200.0  | -11.0  | 92.8   | -192.8 | 730     | 21.2    |
| 7      | S   | 4.33   | -100.0 | 200.0  | -15.4  | 92.8   | -192.8 | 942     | 28.3    |
| 8      | S   | 4.32   | -100.0 | -200.0 | -15.4  | 92.8   | 192.8  | 1070    | 35.3    |
| 9      | S   | 3.50   | 100.0  | 200.0  | -11.2  | -92.8  | -192.8 | 2490    | 91.9    |
| 10     | S   | 3.77   | -100.0 | 200.0  | -13.1  | 92.8   | -192.8 | 2798    | 113.1   |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess   | My fess   |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|-----------|-----------|
| 1     | S   | -0.00004 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00002 (0.00002) | 325    | 0.005 (0.30) | -1807.01  | 25762.78  |
| 2     | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00003 (0.00003) | 377    | 0.010 (0.30) | 14316.00  | 17574.58  |
| 3     | S   | -0.00007 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00004 (0.00004) | 349    | 0.013 (0.30) | 14325.48  | 13115.44  |
| 4     | S   | -0.00007 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00003 (0.00003) | 383    | 0.013 (0.30) | -14454.19 | 14114.87  |
| 5     | S   | -0.00006 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00003 (0.00003) | 349    | 0.009 (0.30) | -1563.64  | -20631.31 |
| 6     | S   | -0.00006 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00003 (0.00003) | 369    | 0.012 (0.30) | 11846.67  | -16570.26 |
| 7     | S   | -0.00009 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00004 (0.00004) | 364    | 0.016 (0.30) | 12490.19  | -12914.12 |
| 8     | S   | -0.00009 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00004 (0.00004) | 348    | 0.015 (0.30) | -11901.87 | -13105.67 |
| 9     | S   | -0.00006 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00003 (0.00003) | 332    | 0.011 (0.30) | 721.90    | 18873.78  |
| 10    | S   | -0.00007 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00004 (0.00004) | 320    | 0.012 (0.30) | 310.20    | -18207.81 |

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 3.10   | 100.0  | 200.0  | -4.6   | -92.8  | -192.8 | 795     | 35.3    |
| 2      | S   | 3.50   | -100.0 | 200.0  | -8.7   | 92.8   | -192.8 | 2172    | 70.7    |

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess   |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|-----------|
| 1     | S   | -0.00003 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00001 (0.00001) | 308    | 0.004 (0.20) | 1217.57 | 29790.84  |
| 2     | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57 | 0.00002 (0.00002) | 351    | 0.009 (0.20) | 450.61  | -22254.93 |



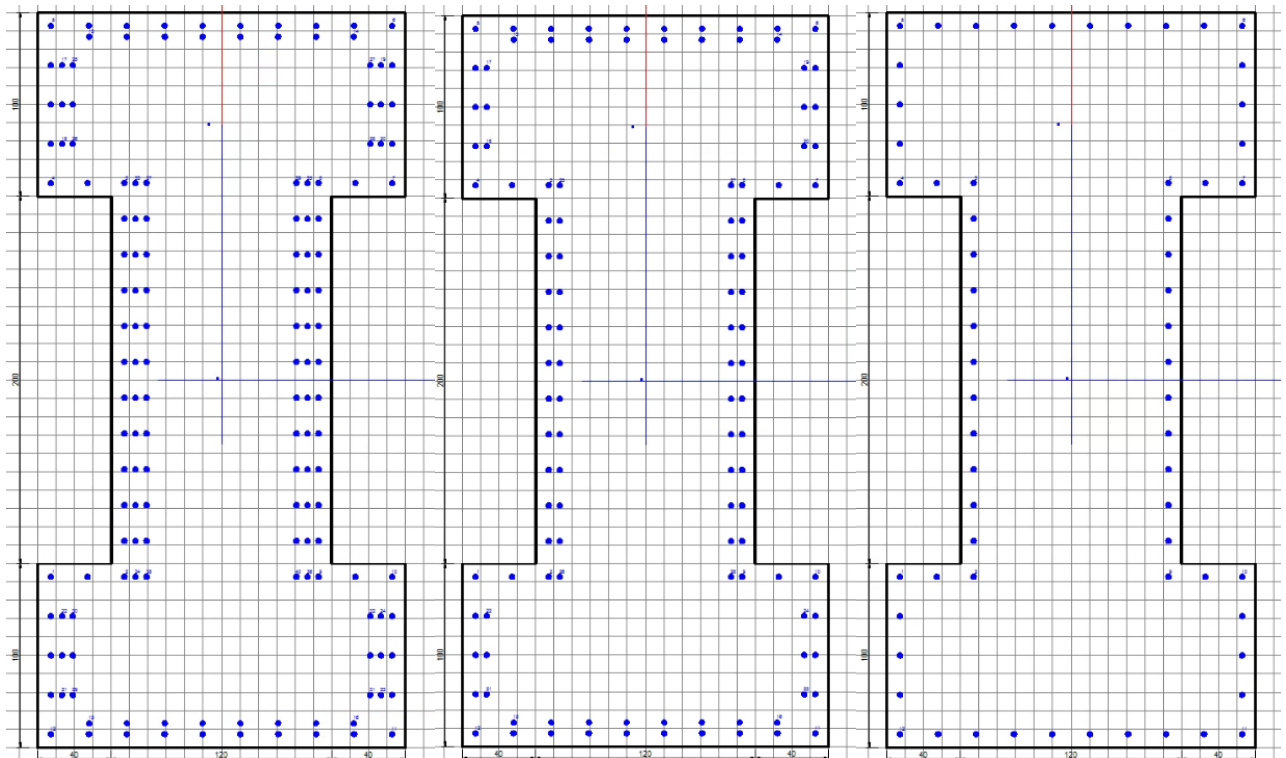
## 7.2 VERIFICA DELLA PILA P9 – ARMATURA LONGITUDINALE

Le verifiche si estendono anche alle pile P5, P6, P7 e P8.

La pila p9 ha un'altezza totale H=15m ed è armata nel seguente modo:

- nella zona a sezione costante:
  - sez. tipo 1 - 3 strati  $\Phi 30/200$ , da  $z=0\text{m}$  (spiccato pila) fino a  $z=3\text{m}$ ;
  - sez. tipo 2 - 2 strati  $\Phi 30/200$ , da  $z=3\text{m}$  fino a  $z=6\text{m}$ ;
  - sez. tipo 3 - 1 strato  $\Phi 30/200$ , da  $z=6\text{m}$  fino a  $z=9\text{m}$  (inizio allargamento).

Essendo "z" la quota verticale rispetto allo spiccato pila.



**Figura 84 – Armature Pila 9. Da sinistra a destra: Sez. tipo 1 (152 $\Phi 30$ ); Sez. tipo 2 (116 $\Phi 30$ ); Sez. tipo 3 (64 $\Phi 30$ )**



## 7.2.1 Verifiche SLV in condizioni sismiche

Di seguito i tabulati delle verifiche SLV in campo sostanzialmente elastico.

Vale il seguente significato dei simboli:

|            |   |
|------------|---|
| $N[kN]$    | azione assiale  |
| $M_x[kNm]$ | momento flettente in direzione <u>trasversale</u> alla pila   |
| $M_y[kNm]$ | momento flettente in direzione <u>longitudinale</u> alla pila |

Le combinazioni elencate nei tabulati di verifica possono essere così sintetizzate:

- Dalla n°1 alla n°16: combinazioni con sisma principale in direzione X (longitudinale);
- Dalla n°17 alla n°32: combinazioni con sisma principale in direzione Y (trasversale);
- Dalla n°33 alla n°48: combinazioni con sisma principale in direzione Z (verticale).

Per la lista completa delle combinazioni SLV si rimanda al §5.3.

Le sollecitazioni elementari sono riportate al §6.3.2.

- VERIFICHE ALLO SPICCATO ( $z=0m$ )

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A. NOME SEZIONE: Amandola\_Pila9-Spiccato\_Sismica

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Pilastro                 |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                       |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                      |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                           |

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                |                     |
|----------------|--------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                        | C32/40              |
|                | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.1 MPa            |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:  | 0.0020              |
|                | Def.unit. ultima ecu:          | 0.0035              |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:  | Parabola-Rettangolo |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:    | 33345.8 MPa         |



|           |                                 |                  |                     |
|-----------|---------------------------------|------------------|---------------------|
|           | Resis. media a trazione fctm:   | 3.02             | MPa                 |
| ACCIAIO - | Tipo:                           | B450C            |                     |
|           | Resist. caratt. snervam. fyk:   | 450.0            | MPa                 |
|           | Resist. caratt. rottura ftk:    | 450.0            | MPa                 |
|           | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.3            | MPa                 |
|           | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.3            | MPa                 |
|           | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068            |                     |
|           | Modulo Elastico Ef              | 2100000          | daN/cm <sup>2</sup> |
|           | Diagramma tensione-deformaz.:   | Bilineare finito |                     |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |        |
| N°vertice:           | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | -100.0     | -100.0 |
| 2                    | -60.0      | -100.0 |
| 3                    | -60.0      | 100.0  |
| 4                    | -100.0     | 100.0  |
| 5                    | -100.0     | 200.0  |
| 6                    | 100.0      | 200.0  |
| 7                    | 100.0      | 100.0  |
| 8                    | 60.0       | 100.0  |
| 9                    | 60.0       | -100.0 |
| 10                   | 100.0      | -100.0 |
| 11                   | 100.0      | -200.0 |
| 12                   | -100.0     | -200.0 |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -92.8  | -107.2 | 30        |
| 2       | -52.8  | -107.2 | 30        |
| 3       | -52.8  | 107.2  | 30        |
| 4       | -92.8  | 107.2  | 30        |
| 5       | -92.8  | 192.8  | 30        |
| 6       | 92.8   | 192.8  | 30        |
| 7       | 92.8   | 107.2  | 30        |
| 8       | 52.8   | 107.2  | 30        |
| 9       | 52.8   | -107.2 | 30        |
| 10      | 92.8   | -107.2 | 30        |
| 11      | 92.8   | -192.8 | 30        |
| 12      | -92.8  | -192.8 | 30        |
| 13      | -72.0  | 186.8  | 30        |
| 14      | 72.0   | 186.8  | 30        |
| 15      | -72.0  | -186.8 | 30        |
| 16      | 72.0   | -186.8 | 30        |
| 17      | -86.8  | 171.5  | 30        |
| 18      | -86.8  | 128.5  | 30        |
| 19      | 86.8   | 171.5  | 30        |
| 20      | 86.8   | 128.5  | 30        |
| 21      | -86.8  | -171.5 | 30        |
| 22      | -86.8  | -128.5 | 30        |
| 23      | 86.8   | -171.5 | 30        |

|    |       |        |    |
|----|-------|--------|----|
| 24 | 86.8  | -128.5 | 30 |
| 25 | -80.9 | 171.5  | 30 |
| 26 | -80.9 | 128.5  | 30 |
| 27 | 80.9  | 171.5  | 30 |
| 28 | 80.9  | 128.5  | 30 |
| 29 | -80.9 | -171.5 | 30 |
| 30 | -80.9 | -128.5 | 30 |
| 31 | 80.9  | -171.5 | 30 |
| 32 | 80.9  | -128.5 | 30 |
| 33 | -46.8 | 107.2  | 30 |
| 34 | -46.8 | -107.2 | 30 |
| 35 | 46.8  | 107.2  | 30 |
| 36 | 46.8  | -107.2 | 30 |
| 37 | -40.8 | 107.2  | 30 |
| 38 | -40.8 | -107.2 | 30 |
| 39 | 40.8  | 107.2  | 30 |
| 40 | 40.8  | -107.2 | 30 |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |
|--------------|---|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 12           | 11           | 8       | 30 |
| 2      | 5            | 6            | 8       | 30 |
| 3      | 4            | 3            | 1       | 30 |
| 4      | 8            | 7            | 1       | 30 |
| 5      | 1            | 2            | 1       | 30 |
| 6      | 9            | 10           | 1       | 30 |
| 7      | 5            | 4            | 3       | 30 |
| 8      | 6            | 7            | 3       | 30 |
| 9      | 1            | 12           | 3       | 30 |
| 10     | 10           | 11           | 3       | 30 |
| 11     | 3            | 2            | 10      | 30 |
| 12     | 8            | 9            | 10      | 30 |
| 13     | 13           | 14           | 6       | 30 |
| 14     | 15           | 16           | 6       | 30 |
| 15     | 17           | 18           | 1       | 30 |
| 16     | 19           | 20           | 1       | 30 |
| 17     | 21           | 22           | 1       | 30 |
| 18     | 23           | 24           | 1       | 30 |
| 19     | 25           | 26           | 1       | 30 |
| 20     | 27           | 28           | 1       | 30 |
| 21     | 29           | 30           | 1       | 30 |
| 22     | 31           | 32           | 1       | 30 |
| 23     | 33           | 34           | 10      | 30 |
| 24     | 35           | 36           | 10      | 30 |
| 25     | 37           | 38           | 10      | 30 |
| 26     | 39           | 40           | 10      | 30 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N        | Mx        | My        | Vy   | Vx   |
|---------|----------|-----------|-----------|------|------|
| 1       | 12582.40 | 8839.80   | 18286.30  | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 11759.00 | 8815.80   | 18187.50  | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 12577.70 | -5570.80  | 17761.00  | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 11754.30 | -5594.80  | 17662.10  | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 12512.60 | 6147.30   | -23649.30 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 11689.10 | 6123.30   | -23748.10 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 12507.90 | -8263.30  | -24174.60 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | 11684.40 | -8287.30  | -24273.50 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | 12605.20 | 8154.00   | 24696.90  | 0.00 | 0.00 |
| 10      | 11781.70 | 8130.10   | 24598.10  | 0.00 | 0.00 |
| 11      | 12600.50 | -6256.60  | 24171.60  | 0.00 | 0.00 |
| 12      | 11777.00 | -6280.50  | 24072.70  | 0.00 | 0.00 |
| 13      | 12535.30 | 5461.60   | -17238.70 | 0.00 | 0.00 |
| 14      | 11711.90 | 5437.60   | -17337.50 | 0.00 | 0.00 |
| 15      | 12530.60 | -8949.10  | -17764.00 | 0.00 | 0.00 |
| 16      | 11707.20 | -8973.00  | -17862.90 | 0.00 | 0.00 |
| 17      | 12563.40 | 24709.80  | 4221.80   | 0.00 | 0.00 |
| 18      | 11740.00 | 24685.80  | 4123.00   | 0.00 | 0.00 |
| 19      | 12542.50 | 23902.00  | -8358.90  | 0.00 | 0.00 |
| 20      | 11719.10 | 23878.10  | -8457.70  | 0.00 | 0.00 |
| 21      | 12547.80 | -23325.60 | 2470.60   | 0.00 | 0.00 |
| 22      | 11724.40 | -23349.60 | 2371.80   | 0.00 | 0.00 |
| 23      | 12526.80 | -24133.30 | -10110.10 | 0.00 | 0.00 |
| 24      | 11703.40 | -24157.30 | -10208.90 | 0.00 | 0.00 |
| 25      | 12586.20 | 24024.10  | 10632.40  | 0.00 | 0.00 |
| 26      | 11762.80 | 24000.10  | 10533.60  | 0.00 | 0.00 |
| 27      | 12565.20 | 23216.30  | -1948.30  | 0.00 | 0.00 |
| 28      | 11741.80 | 23192.30  | -2047.10  | 0.00 | 0.00 |
| 29      | 12570.50 | -24011.30 | 8881.20   | 0.00 | 0.00 |
| 30      | 11747.10 | -24035.30 | 8782.40   | 0.00 | 0.00 |
| 31      | 12549.60 | -24819.10 | -3699.50  | 0.00 | 0.00 |
| 32      | 11726.20 | -24843.00 | -3798.30  | 0.00 | 0.00 |
| 33      | 13518.60 | 7925.40   | 3724.20   | 0.00 | 0.00 |
| 34      | 13513.90 | -6485.20  | 3198.80   | 0.00 | 0.00 |
| 35      | 13497.70 | 7117.60   | -8856.50  | 0.00 | 0.00 |
| 36      | 13493.00 | -7293.00  | -9381.90  | 0.00 | 0.00 |
| 37      | 10773.90 | 7845.40   | 3394.80   | 0.00 | 0.00 |
| 38      | 10769.20 | -6565.20  | 2869.40   | 0.00 | 0.00 |
| 39      | 10752.90 | 7037.70   | -9185.90  | 0.00 | 0.00 |
| 40      | 10748.20 | -7372.90  | -9711.30  | 0.00 | 0.00 |
| 41      | 13541.40 | 7239.70   | 10134.80  | 0.00 | 0.00 |
| 42      | 13536.70 | -7171.00  | 9609.40   | 0.00 | 0.00 |
| 43      | 13520.40 | 6431.90   | -2445.90  | 0.00 | 0.00 |
| 44      | 13515.70 | -7978.70  | -2971.30  | 0.00 | 0.00 |
| 45      | 10796.60 | 7159.70   | 9805.40   | 0.00 | 0.00 |
| 46      | 10791.90 | -7250.90  | 9280.00   | 0.00 | 0.00 |

|    |          |          |          |      |      |
|----|----------|----------|----------|------|------|
| 47 | 10775.70 | 6352.00  | -2775.30 | 0.00 | 0.00 |
| 48 | 10771.00 | -8058.60 | -3300.70 | 0.00 | 0.00 |

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|  |        |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 5.7 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 2.9 cm |

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

|           |  |
|-----------|--|
| Ver       | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N         | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res     | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic.  | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]                                |

| N°Comb | Ver | N        | Mx        | My        | N Res    | Mx Res    | My Res    | Mis.Sic. | As Totale     |
|--------|-----|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|---------------|
| 1      | S   | 12582.40 | 8839.80   | 18286.30  | 12582.46 | 11789.77  | 24649.19  | 1.35     | 1074.4(192.0) |
| 2      | S   | 11759.00 | 8815.80   | 18187.50  | 11759.25 | 11794.97  | 24246.46  | 1.33     | 1074.4(192.0) |
| 3      | S   | 12577.70 | -5570.80  | 17761.00  | 12577.61 | -7966.03  | 25629.56  | 1.44     | 1074.4(192.0) |
| 4      | S   | 11754.30 | -5594.80  | 17662.10  | 11754.02 | -7936.90  | 25238.51  | 1.43     | 1074.4(192.0) |
| 5      | S   | 12512.60 | 6147.30   | -23649.30 | 12512.51 | 6623.05   | -25936.14 | 1.10     | 1074.4(192.0) |
| 6      | S   | 11689.10 | 6123.30   | -23748.10 | 11689.13 | 6624.68   | -25538.04 | 1.08     | 1074.4(192.0) |
| 7      | S   | 12507.90 | -8263.30  | -24174.60 | 12507.84 | -8693.91  | -25411.02 | 1.05     | 1074.4(192.0) |
| 8      | S   | 11684.40 | -8287.30  | -24273.50 | 11684.54 | -8563.75  | -25045.31 | 1.03     | 1074.4(192.0) |
| 9      | S   | 12605.20 | 8154.00   | 24696.90  | 12605.12 | 8310.98   | 25555.42  | 1.03     | 1074.4(192.0) |
| 10     | S   | 11781.70 | 8130.10   | 24598.10  | 11781.89 | 8270.07   | 25167.73  | 1.02     | 1074.4(192.0) |
| 11     | S   | 12600.50 | -6256.60  | 24171.60  | 12600.59 | -6816.79  | 25929.67  | 1.07     | 1074.4(192.0) |
| 12     | S   | 11777.00 | -6280.50  | 24072.70  | 11776.89 | -6684.37  | 25565.41  | 1.06     | 1074.4(192.0) |
| 13     | S   | 12535.30 | 5461.60   | -17238.70 | 12535.27 | 8017.11   | -25596.08 | 1.48     | 1074.4(192.0) |
| 14     | S   | 11711.90 | 5437.60   | -17337.50 | 11711.81 | 7882.04   | -25232.02 | 1.45     | 1074.4(192.0) |
| 15     | S   | 12530.60 | -8949.10  | -17764.00 | 12530.78 | -12268.78 | -24498.80 | 1.38     | 1074.4(192.0) |
| 16     | S   | 11707.20 | -8973.00  | -17862.90 | 11707.23 | -12009.50 | -24165.00 | 1.35     | 1074.4(192.0) |
| 17     | S   | 12563.40 | 24709.80  | 4221.80   | 12563.15 | 50661.24  | 8723.47   | 2.05     | 1074.4(192.0) |
| 18     | S   | 11740.00 | 24685.80  | 4123.00   | 11739.83 | 50203.59  | 8352.14   | 2.03     | 1074.4(192.0) |
| 19     | S   | 12542.50 | 23902.00  | -8358.90  | 12542.57 | 41462.01  | -14568.76 | 1.74     | 1074.4(192.0) |
| 20     | S   | 11719.10 | 23878.10  | -8457.70  | 11719.25 | 40593.78  | -14463.85 | 1.70     | 1074.4(192.0) |
| 21     | S   | 12547.80 | -23325.60 | 2470.60   | 12547.82 | -54506.55 | 5773.43   | 2.34     | 1074.4(192.0) |
| 22     | S   | 11724.40 | -23349.60 | 2371.80   | 11724.37 | -53649.86 | 5696.38   | 2.30     | 1074.4(192.0) |
| 23     | S   | 12526.80 | -24133.30 | -10110.10 | 12526.59 | -38575.37 | -15969.34 | 1.60     | 1074.4(192.0) |
| 24     | S   | 11703.40 | -24157.30 | -10208.90 | 11703.22 | -37799.68 | -15812.58 | 1.56     | 1074.4(192.0) |
| 25     | S   | 12586.20 | 24024.10  | 10632.40  | 12586.09 | 37307.37  | 16564.95  | 1.55     | 1074.4(192.0) |
| 26     | S   | 11762.80 | 24000.10  | 10533.60  | 11763.03 | 36843.66  | 16273.00  | 1.54     | 1074.4(192.0) |
| 27     | S   | 12565.20 | 23216.30  | -1948.30  | 12565.46 | 56132.96  | -4507.79  | 2.42     | 1074.4(192.0) |
| 28     | S   | 11741.80 | 23192.30  | -2047.10  | 11741.57 | 54508.25  | -5034.23  | 2.35     | 1074.4(192.0) |
| 29     | S   | 12570.50 | -24011.30 | 8881.20   | 12570.62 | -40576.47 | 15041.49  | 1.69     | 1074.4(192.0) |
| 30     | S   | 11747.10 | -24035.30 | 8782.40   | 11747.12 | -40307.46 | 14630.66  | 1.68     | 1074.4(192.0) |
| 31     | S   | 12549.60 | -24819.10 | -3699.50  | 12549.76 | -51769.02 | -7888.21  | 2.09     | 1074.4(192.0) |
| 32     | S   | 11726.20 | -24843.00 | -3798.30  | 11726.26 | -50797.51 | -7898.10  | 2.05     | 1074.4(192.0) |
| 33     | S   | 13518.60 | 7925.40   | 3724.20   | 13518.65 | 36806.21  | 17310.27  | 4.64     | 1074.4(192.0) |
| 34     | S   | 13513.90 | -6485.20  | 3198.80   | 13513.69 | -35729.36 | 17734.66  | 5.52     | 1074.4(192.0) |

|    |   |          |          |          |          |           |           |      |               |
|----|---|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|------|---------------|
| 35 | S | 13497.70 | 7117.60  | -8856.50 | 13497.79 | 18677.05  | -23232.14 | 2.62 | 1074.4(192.0) |
| 36 | S | 13493.00 | -7293.00 | -9381.90 | 13493.11 | -18259.71 | -23346.57 | 2.49 | 1074.4(192.0) |
| 37 | S | 10773.90 | 7845.40  | 3394.80  | 10773.68 | 36720.41  | 15718.13  | 4.67 | 1074.4(192.0) |
| 38 | S | 10769.20 | -6565.20 | 2869.40  | 10769.44 | -36569.17 | 15783.10  | 5.56 | 1074.4(192.0) |
| 39 | S | 10752.90 | 7037.70  | -9185.90 | 10752.76 | 17139.61  | -22301.22 | 2.43 | 1074.4(192.0) |
| 40 | S | 10748.20 | -7372.90 | -9711.30 | 10748.39 | -16939.03 | -22355.12 | 2.30 | 1074.4(192.0) |
| 41 | S | 13541.40 | 7239.70  | 10134.80 | 13541.34 | 17078.61  | 23697.18  | 2.35 | 1074.4(192.0) |
| 42 | S | 13536.70 | -7171.00 | 9609.40  | 13536.58 | -17473.31 | 23586.16  | 2.45 | 1074.4(192.0) |
| 43 | S | 13520.40 | 6431.90  | -2445.90 | 13520.14 | 40695.19  | -15592.17 | 6.33 | 1074.4(192.0) |
| 44 | S | 13515.70 | -7978.70 | -2971.30 | 13515.89 | -40950.62 | -15465.11 | 5.14 | 1074.4(192.0) |
| 45 | S | 10796.60 | 7159.70  | 9805.40  | 10796.54 | 16539.51  | 22490.29  | 2.30 | 1074.4(192.0) |
| 46 | S | 10791.90 | -7250.90 | 9280.00  | 10791.90 | -17370.08 | 22256.60  | 2.40 | 1074.4(192.0) |
| 47 | S | 10775.70 | 6352.00  | -2775.30 | 10775.90 | 36579.16  | -15782.68 | 5.75 | 1074.4(192.0) |
| 48 | S | 10771.00 | -8058.60 | -3300.70 | 10771.09 | -37476.32 | -15371.10 | 4.65 | 1074.4(192.0) |

### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
|        | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00145 | 100.0  | 200.0  | 0.00134 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 2      | 0.00143 | 100.0  | 200.0  | 0.00131 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 3      | 0.00142 | 100.0  | -200.0 | 0.00130 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 4      | 0.00139 | 100.0  | -200.0 | 0.00128 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 5      | 0.00140 | -100.0 | 200.0  | 0.00129 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 6      | 0.00138 | -100.0 | 200.0  | 0.00127 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 7      | 0.00142 | -100.0 | -200.0 | 0.00131 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 8      | 0.00140 | -100.0 | -200.0 | 0.00128 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 9      | 0.00142 | 100.0  | 200.0  | 0.00131 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 10     | 0.00140 | 100.0  | 200.0  | 0.00128 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 11     | 0.00141 | 100.0  | -200.0 | 0.00129 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 12     | 0.00138 | 100.0  | -200.0 | 0.00127 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 13     | 0.00142 | -100.0 | 200.0  | 0.00130 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 14     | 0.00139 | -100.0 | 200.0  | 0.00128 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 15     | 0.00145 | -100.0 | -200.0 | 0.00134 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 16     | 0.00143 | -100.0 | -200.0 | 0.00131 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 17     | 0.00135 | 100.0  | 200.0  | 0.00128 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 18     | 0.00132 | 100.0  | 200.0  | 0.00124 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 19     | 0.00152 | -100.0 | 200.0  | 0.00143 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 20     | 0.00150 | -100.0 | 200.0  | 0.00141 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 21     | 0.00126 | 100.0  | -200.0 | 0.00119 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 22     | 0.00124 | 100.0  | -200.0 | 0.00117 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |
| 23     | 0.00155 | -100.0 | -200.0 | 0.00145 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 24     | 0.00152 | -100.0 | -200.0 | 0.00143 | -92.8  | -192.8 | -0.00186 | 92.8   | 192.8  |
| 25     | 0.00156 | 100.0  | 200.0  | 0.00146 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 26     | 0.00153 | 100.0  | 200.0  | 0.00143 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 27     | 0.00122 | -100.0 | 200.0  | 0.00115 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 28     | 0.00121 | -100.0 | 200.0  | 0.00115 | -92.8  | 192.8  | -0.00186 | 92.8   | -192.8 |
| 29     | 0.00153 | 100.0  | -200.0 | 0.00144 | 92.8   | -192.8 | -0.00186 | -92.8  | 192.8  |

|    |         |        |        |         |       |        |          |       |        |
|----|---------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|-------|--------|
| 30 | 0.00150 | 100.0  | -200.0 | 0.00141 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 31 | 0.00133 | -100.0 | -200.0 | 0.00125 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 32 | 0.00130 | -100.0 | -200.0 | 0.00123 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 33 | 0.00159 | 100.0  | 200.0  | 0.00149 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 34 | 0.00159 | 100.0  | -200.0 | 0.00149 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 35 | 0.00152 | -100.0 | 200.0  | 0.00141 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 36 | 0.00152 | -100.0 | -200.0 | 0.00141 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 37 | 0.00150 | 100.0  | 200.0  | 0.00140 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 38 | 0.00150 | 100.0  | -200.0 | 0.00140 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 39 | 0.00144 | -100.0 | 200.0  | 0.00133 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 40 | 0.00144 | -100.0 | -200.0 | 0.00133 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 41 | 0.00152 | 100.0  | 200.0  | 0.00140 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 42 | 0.00152 | 100.0  | -200.0 | 0.00141 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 43 | 0.00157 | -100.0 | 200.0  | 0.00147 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 44 | 0.00157 | -100.0 | -200.0 | 0.00147 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 45 | 0.00143 | 100.0  | 200.0  | 0.00133 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 46 | 0.00144 | 100.0  | -200.0 | 0.00133 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 47 | 0.00150 | -100.0 | 200.0  | 0.00140 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 48 | 0.00149 | -100.0 | -200.0 | 0.00140 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a            | b            | c            | x/d  | C.Rid. |
|--------|--------------|--------------|--------------|------|--------|
| 1      | 0.000014527  | 0.000001304  | -0.000263872 | ---- | ----   |
| 2      | 0.000014399  | 0.000001307  | -0.000275058 | ---- | ----   |
| 3      | 0.000015206  | -0.000000891 | -0.000280559 | ---- | ----   |
| 4      | 0.000015085  | -0.000000889 | -0.000292028 | ---- | ----   |
| 5      | -0.000015435 | 0.000000744  | -0.000287577 | ---- | ----   |
| 6      | -0.000015309 | 0.000000745  | -0.000298957 | ---- | ----   |
| 7      | -0.000015065 | -0.000000970 | -0.000278255 | ---- | ----   |
| 8      | -0.000014962 | -0.000000958 | -0.000290154 | ---- | ----   |
| 9      | 0.000015148  | 0.000000928  | -0.000278639 | ---- | ----   |
| 10     | 0.000015030  | 0.000000926  | -0.000290147 | ---- | ----   |
| 11     | 0.000015414  | -0.000000765 | -0.000285463 | ---- | ----   |
| 12     | 0.000015312  | -0.000000752 | -0.000297457 | ---- | ----   |
| 13     | -0.000015190 | 0.000000896  | -0.000280907 | ---- | ----   |
| 14     | -0.000015088 | 0.000000883  | -0.000292865 | ---- | ----   |
| 15     | -0.000014434 | -0.000001355 | -0.000262588 | ---- | ----   |
| 16     | -0.000014353 | -0.000001331 | -0.000274873 | ---- | ----   |
| 17     | 0.000004737  | 0.000005861  | -0.000293662 | ---- | ----   |
| 18     | 0.000004529  | 0.000005879  | -0.000309541 | ---- | ----   |
| 19     | -0.000008228 | 0.000004580  | -0.000216773 | ---- | ----   |
| 20     | -0.000008210 | 0.000004527  | -0.000228682 | ---- | ----   |
| 21     | 0.000003162  | -0.000006399 | -0.000336252 | ---- | ----   |
| 22     | 0.000003110  | -0.000006362 | -0.000348035 | ---- | ----   |
| 23     | -0.000009171 | -0.000004183 | -0.000205697 | ---- | ----   |
| 24     | -0.000009140 | -0.000004135 | -0.000217966 | ---- | ----   |
| 25     | 0.000009552  | 0.000004018  | -0.000202236 | ---- | ----   |
| 26     | 0.000009441  | 0.000004006  | -0.000214959 | ---- | ----   |
| 27     | -0.000002485 | 0.000006630  | -0.000354420 | ---- | ----   |
| 28     | -0.000002758 | 0.000006483  | -0.000357444 | ---- | ----   |
| 29     | 0.000008547  | -0.000004452 | -0.000211852 | ---- | ----   |

|    |              |              |              |     |     |
|----|--------------|--------------|--------------|-----|-----|
| 30 | 0.000008324  | -0.000004483 | -0.000226627 | --- | --- |
| 31 | -0.000004287 | -0.000006015 | -0.000305742 | --- | --- |
| 32 | -0.000004284 | -0.000005963 | -0.000316210 | --- | --- |
| 33 | 0.000009929  | 0.000003915  | -0.000187201 | --- | --- |
| 34 | 0.000010182  | -0.000003793 | -0.000187094 | --- | --- |
| 35 | -0.000013451 | 0.000002023  | -0.000225001 | --- | --- |
| 36 | -0.000013525 | -0.000001980 | -0.000226532 | --- | --- |
| 37 | 0.000009166  | 0.000004052  | -0.000231454 | --- | --- |
| 38 | 0.000009211  | -0.000004032 | -0.000231175 | --- | --- |
| 39 | -0.000013285 | 0.000001883  | -0.000267440 | --- | --- |
| 40 | -0.000013321 | -0.000001862 | -0.000268250 | --- | --- |
| 41 | 0.000013741  | 0.000001857  | -0.000230147 | --- | --- |
| 42 | 0.000013671  | -0.000001898 | -0.000228774 | --- | --- |
| 43 | -0.000008846 | 0.000004397  | -0.000194657 | --- | --- |
| 44 | -0.000008764 | -0.000004431 | -0.000195691 | --- | --- |
| 45 | 0.000013400  | 0.000001819  | -0.000269098 | --- | --- |
| 46 | 0.000013250  | -0.000001907 | -0.000266060 | --- | --- |
| 47 | -0.000009210 | 0.000004033  | -0.000231086 | --- | --- |
| 48 | -0.000008925 | -0.000004157 | -0.000233580 | --- | --- |

- VERIFICHE A z=3.00m

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: Amandola\_Pila9-Taglio1\_Sismica**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Pilastro                 |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                       |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                      |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                           |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                               |                                 |                             |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -                | Classe:                         | C32/40                      |
|                               | Resis. compr. di progetto fcd:  | 18.1 MPa                    |
|                               | Def.unit. max resistenza ec2:   | 0.0020                      |
|                               | Def.unit. ultima ecu:           | 0.0035                      |
|                               | Diagramma tensione-deformaz.:   | Parabola-Rettangolo         |
|                               | Modulo Elastico Normale Ec:     | 33345.8 MPa                 |
| Resis. media a trazione fctm: | 3.02 MPa                        |                             |
| ACCIAIO -                     | Tipo:                           | B450C                       |
|                               | Resist. caratt. snervam. fyk:   | 450.0 MPa                   |
|                               | Resist. caratt. rottura ftk:    | 450.0 MPa                   |
|                               | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.3 MPa                   |
|                               | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.3 MPa                   |
|                               | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068                       |
|                               | Modulo Elastico Ef:             | 2100000 daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito                |                             |

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -100.0 | -100.0 |
| 2          | -60.0  | -100.0 |
| 3          | -60.0  | 100.0  |
| 4          | -100.0 | 100.0  |
| 5          | -100.0 | 200.0  |
| 6          | 100.0  | 200.0  |
| 7          | 100.0  | 100.0  |
| 8          | 60.0   | 100.0  |
| 9          | 60.0   | -100.0 |
| 10         | 100.0  | -100.0 |
| 11         | 100.0  | -200.0 |
| 12         | -100.0 | -200.0 |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -92.8  | -107.2 | 30        |
| 2       | -52.8  | -107.2 | 30        |
| 3       | -52.8  | 107.2  | 30        |
| 4       | -92.8  | 107.2  | 30        |
| 5       | -92.8  | 192.8  | 30        |
| 6       | 92.8   | 192.8  | 30        |
| 7       | 92.8   | 107.2  | 30        |
| 8       | 52.8   | 107.2  | 30        |
| 9       | 52.8   | -107.2 | 30        |
| 10      | 92.8   | -107.2 | 30        |
| 11      | 92.8   | -192.8 | 30        |
| 12      | -92.8  | -192.8 | 30        |
| 13      | -72.0  | 186.8  | 30        |
| 14      | 72.0   | 186.8  | 30        |
| 15      | -72.0  | -186.8 | 30        |
| 16      | 72.0   | -186.8 | 30        |
| 17      | -86.8  | 171.5  | 30        |
| 18      | -86.8  | 128.5  | 30        |
| 19      | 86.8   | 171.5  | 30        |
| 20      | 86.8   | 128.5  | 30        |
| 21      | -86.8  | -171.5 | 30        |
| 22      | -86.8  | -128.5 | 30        |
| 23      | 86.8   | -171.5 | 30        |
| 24      | 86.8   | -128.5 | 30        |
| 25      | -46.8  | 107.2  | 30        |
| 26      | -46.8  | -107.2 | 30        |
| 27      | 46.8   | 107.2  | 30        |
| 28      | 46.8   | -107.2 | 30        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione



| N°Barre<br>Ø | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione<br>Diametro in mm delle barre della generazione |              |         |    |
|--------------|---|--------------|---------|----|
| N°Gen.       | N°Barra Ini.  | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
| 1            | 12  | 11           | 8       | 30 |
| 2            | 5   | 6            | 8       | 30 |
| 3            | 4   | 3            | 1       | 30 |
| 4            | 8   | 7            | 1       | 30 |
| 5            | 1   | 2            | 1       | 30 |
| 6            | 9   | 10           | 1       | 30 |
| 7            | 5   | 4            | 3       | 30 |
| 8            | 6   | 7            | 3       | 30 |
| 9            | 1   | 12           | 3       | 30 |
| 10           | 10  | 11           | 3       | 30 |
| 11           | 3   | 2            | 10      | 30 |
| 12           | 8   | 9            | 10      | 30 |
| 13           | 13  | 14           | 6       | 30 |
| 14           | 15  | 16           | 6       | 30 |
| 15           | 17  | 18           | 1       | 30 |
| 16           | 19  | 20           | 1       | 30 |
| 17           | 21  | 22           | 1       | 30 |
| 18           | 23  | 24           | 1       | 30 |
| 19           | 25  | 26           | 10      | 30 |
| 20           | 27  | 28           | 10      | 30 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|         | N  | Mx       | My        | Vy   | Vx   |
|---------|--|----------|-----------|------|------|
| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |          |           |      |      |
| Mx      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |          |           |      |      |
| My      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |          |           |      |      |
| Vy      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |          |           |      |      |
| Vx      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x  |          |           |      |      |
| N°Comb. | N  | Mx       | My        | Vy   | Vx   |
| 1       | 12102.20   | 7344.20  | 14616.40  | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 11279.20   | 7324.30  | 14543.00  | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 12097.50   | -4518.10 | 14167.10  | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 11274.50   | -4538.00 | 14093.60  | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 12032.30   | 5026.10  | -18886.60 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 11209.40   | 5006.20  | -18960.10 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 12027.70   | -6836.20 | -19336.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | 11204.70   | -6856.10 | -19409.50 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | 12124.90   | 6730.30  | 19744.80  | 0.00 | 0.00 |
| 10      | 11301.90   | 6710.40  | 19671.40  | 0.00 | 0.00 |
| 11      | 12120.20   | -5132.00 | 19295.50  | 0.00 | 0.00 |
| 12      | 11297.30   | -5151.90 | 19222.00  | 0.00 | 0.00 |
| 13      | 12055.10   | 4412.10  | -13758.20 | 0.00 | 0.00 |
| 14      | 11232.10   | 4392.30  | -13831.70 | 0.00 | 0.00 |
| 15      | 12050.40   | -7450.20 | -14207.60 | 0.00 | 0.00 |
| 16      | 11227.40   | -7470.00 | -14281.10 | 0.00 | 0.00 |
| 17      | 12083.20   | 20372.20 | 3414.60   | 0.00 | 0.00 |
| 18      | 11260.20   | 20352.30 | 3341.20   | 0.00 | 0.00 |
| 19      | 12062.20   | 19676.70 | -6636.30  | 0.00 | 0.00 |

|    |          |           |          |      |      |
|----|----------|-----------|----------|------|------|
| 20 | 11239.30 | 19656.90  | -6709.80 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | 12067.60 | -19168.80 | 1916.70  | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 11244.60 | -19188.70 | 1843.30  | 0.00 | 0.00 |
| 23 | 12046.60 | -19864.30 | -8134.20 | 0.00 | 0.00 |
| 24 | 11223.70 | -19884.10 | -8207.70 | 0.00 | 0.00 |
| 25 | 12105.90 | 19758.30  | 8543.00  | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 11283.00 | 19738.40  | 8469.60  | 0.00 | 0.00 |
| 27 | 12085.00 | 19062.80  | -1507.90 | 0.00 | 0.00 |
| 28 | 11262.00 | 19042.90  | -1581.40 | 0.00 | 0.00 |
| 29 | 12090.30 | -19782.70 | 7045.10  | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 11267.40 | -19802.60 | 6971.70  | 0.00 | 0.00 |
| 31 | 12069.40 | -20478.20 | -3005.80 | 0.00 | 0.00 |
| 32 | 11246.40 | -20498.10 | -3079.30 | 0.00 | 0.00 |
| 33 | 13037.90 | 6556.00   | 2976.10  | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 13033.20 | -5306.30  | 2526.70  | 0.00 | 0.00 |
| 35 | 13016.90 | 5860.60   | -7074.80 | 0.00 | 0.00 |
| 36 | 13012.20 | -6001.70  | -7524.20 | 0.00 | 0.00 |
| 37 | 10294.60 | 6489.70   | 2731.20  | 0.00 | 0.00 |
| 38 | 10289.90 | -5372.60  | 2281.80  | 0.00 | 0.00 |
| 39 | 10273.70 | 5794.30   | -7319.80 | 0.00 | 0.00 |
| 40 | 10269.00 | -6068.00  | -7769.10 | 0.00 | 0.00 |
| 41 | 13060.60 | 5942.10   | 8104.50  | 0.00 | 0.00 |
| 42 | 13055.90 | -5920.20  | 7655.10  | 0.00 | 0.00 |
| 43 | 13039.70 | 5246.70   | -1946.40 | 0.00 | 0.00 |
| 44 | 13035.00 | -6615.60  | -2395.80 | 0.00 | 0.00 |
| 45 | 10317.40 | 5875.80   | 7859.60  | 0.00 | 0.00 |
| 46 | 10312.70 | -5986.50  | 7410.20  | 0.00 | 0.00 |
| 47 | 10296.40 | 5180.40   | -2191.40 | 0.00 | 0.00 |
| 48 | 10291.70 | -6681.90  | -2640.70 | 0.00 | 0.00 |

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|  |        |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 5.7 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 3.0 cm |

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

|           |  |
|-----------|--|
| Ver       | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N         | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res     | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic.  | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]                                |

| N°Comb | Ver | N        | Mx       | My        | N Res    | Mx Res   | My Res    | Mis.Sic. | As Totale    |
|--------|-----|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|--------------|
| 1      | S   | 12102.20 | 7344.20  | 14616.40  | 12102.49 | 10561.46 | 21262.04  | 1.45     | 820.0(192.0) |
| 2      | S   | 11279.20 | 7324.30  | 14543.00  | 11279.48 | 10533.71 | 20848.49  | 1.43     | 820.0(192.0) |
| 3      | S   | 12097.50 | -4518.10 | 14167.10  | 12097.80 | -6964.17 | 22082.03  | 1.56     | 820.0(192.0) |
| 4      | S   | 11274.50 | -4538.00 | 14093.60  | 11274.78 | -6922.02 | 21674.89  | 1.54     | 820.0(192.0) |
| 5      | S   | 12032.30 | 5026.10  | -18886.60 | 12032.38 | 5850.66  | -22297.26 | 1.18     | 820.0(192.0) |
| 6      | S   | 11209.40 | 5006.20  | -18960.10 | 11209.40 | 5843.14  | -21883.00 | 1.16     | 820.0(192.0) |
| 7      | S   | 12027.70 | -6836.20 | -19336.00 | 12027.65 | -7722.43 | -21876.54 | 1.13     | 820.0(192.0) |

|    |   |          |           |           |          |           |           |      |              |
|----|---|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------|--------------|
| 8  | S | 11204.70 | -6856.10  | -19409.50 | 11204.86 | -7598.90  | -21486.92 | 1.11 | 820.0(192.0) |
| 9  | S | 12124.90 | 6730.30   | 19744.80  | 12125.00 | 7558.15   | 21962.39  | 1.11 | 820.0(192.0) |
| 10 | S | 11301.90 | 6710.40   | 19671.40  | 11301.91 | 7355.73   | 21590.97  | 1.10 | 820.0(192.0) |
| 11 | S | 12120.20 | -5132.00  | 19295.50  | 12120.43 | -5841.02  | 22343.57  | 1.16 | 820.0(192.0) |
| 12 | S | 11297.30 | -5151.90  | 19222.00  | 11297.14 | -5855.12  | 21924.93  | 1.14 | 820.0(192.0) |
| 13 | S | 12055.10 | 4412.10   | -13758.20 | 12055.20 | 7149.41   | -22019.49 | 1.60 | 820.0(192.0) |
| 14 | S | 11232.10 | 4392.30   | -13831.70 | 11232.26 | 6878.01   | -21662.95 | 1.57 | 820.0(192.0) |
| 15 | S | 12050.40 | -7450.20  | -14207.60 | 12050.20 | -11105.59 | -21107.80 | 1.49 | 820.0(192.0) |
| 16 | S | 11227.40 | -7470.00  | -14281.10 | 11227.43 | -10859.73 | -20745.04 | 1.45 | 820.0(192.0) |
| 17 | S | 12083.20 | 20372.20  | 3414.60   | 12083.48 | 45034.52  | 7725.13   | 2.21 | 820.0(192.0) |
| 18 | S | 11260.20 | 20352.30  | 3341.20   | 11260.11 | 44733.77  | 7159.21   | 2.20 | 820.0(192.0) |
| 19 | S | 12062.20 | 19676.70  | -6636.30  | 12062.42 | 37568.29  | -12621.79 | 1.91 | 820.0(192.0) |
| 20 | S | 11239.30 | 19656.90  | -6709.80  | 11239.58 | 36659.59  | -12493.72 | 1.86 | 820.0(192.0) |
| 21 | S | 12067.60 | -19168.80 | 1916.70   | 12067.75 | -48780.92 | 4646.57   | 2.54 | 820.0(192.0) |
| 22 | S | 11244.60 | -19188.70 | 1843.30   | 11244.64 | -47839.37 | 4583.20   | 2.49 | 820.0(192.0) |
| 23 | S | 12046.60 | -19864.30 | -8134.20  | 12046.74 | -34454.15 | -14114.76 | 1.73 | 820.0(192.0) |
| 24 | S | 11223.70 | -19884.10 | -8207.70  | 11223.46 | -33658.53 | -13924.86 | 1.69 | 820.0(192.0) |
| 25 | S | 12105.90 | 19758.30  | 8543.00   | 12105.75 | 33755.31  | 14450.41  | 1.71 | 820.0(192.0) |
| 26 | S | 11283.00 | 19738.40  | 8469.60   | 11283.11 | 33199.31  | 14160.61  | 1.68 | 820.0(192.0) |
| 27 | S | 12085.00 | 19062.80  | -1507.90  | 12085.13 | 49586.70  | -3973.75  | 2.60 | 820.0(192.0) |
| 28 | S | 11262.00 | 19042.90  | -1581.40  | 11262.10 | 48537.06  | -4001.28  | 2.55 | 820.0(192.0) |
| 29 | S | 12090.30 | -19782.70 | 7045.10   | 12090.19 | -36617.42 | 13133.30  | 1.85 | 820.0(192.0) |
| 30 | S | 11267.40 | -19802.60 | 6971.70   | 11267.26 | -36192.86 | 12757.01  | 1.83 | 820.0(192.0) |
| 31 | S | 12069.40 | -20478.20 | -3005.80  | 12069.37 | -46231.29 | -6769.60  | 2.26 | 820.0(192.0) |
| 32 | S | 11246.40 | -20498.10 | -3079.30  | 11246.47 | -45212.74 | -6766.46  | 2.21 | 820.0(192.0) |
| 33 | S | 13037.90 | 6556.00   | 2976.10   | 13037.92 | 33222.95  | 15230.50  | 5.08 | 820.0(192.0) |
| 34 | S | 13033.20 | -5306.30  | 2526.70   | 13032.98 | -32547.12 | 15484.43  | 6.13 | 820.0(192.0) |
| 35 | S | 13016.90 | 5860.60   | -7074.80  | 13016.85 | 16879.06  | -20186.51 | 2.86 | 820.0(192.0) |
| 36 | S | 13012.20 | -6001.70  | -7524.20  | 13012.30 | -16266.17 | -20339.45 | 2.71 | 820.0(192.0) |
| 37 | S | 10294.60 | 6489.70   | 2731.20   | 10294.34 | 32625.69  | 13758.10  | 5.03 | 820.0(192.0) |
| 38 | S | 10289.90 | -5372.60  | 2281.80   | 10289.82 | -32507.21 | 13806.21  | 6.05 | 820.0(192.0) |
| 39 | S | 10273.70 | 5794.30   | -7319.80  | 10273.85 | 15228.56  | -19182.89 | 2.62 | 820.0(192.0) |
| 40 | S | 10269.00 | -6068.00  | -7769.10  | 10269.16 | -15074.58 | -19219.22 | 2.48 | 820.0(192.0) |
| 41 | S | 13060.60 | 5942.10   | 8104.50   | 13060.49 | 15154.77  | 20641.73  | 2.55 | 820.0(192.0) |
| 42 | S | 13055.90 | -5920.20  | 7655.10   | 13055.67 | -15758.75 | 20488.92  | 2.67 | 820.0(192.0) |
| 43 | S | 13039.70 | 5246.70   | -1946.40  | 13039.42 | 36799.44  | -13698.63 | 7.02 | 820.0(192.0) |
| 44 | S | 13035.00 | -6615.60  | -2395.80  | 13034.96 | -37344.16 | -13430.86 | 5.64 | 820.0(192.0) |
| 45 | S | 10317.40 | 5875.80   | 7859.60   | 10317.19 | 14474.20  | 19395.32  | 2.47 | 820.0(192.0) |
| 46 | S | 10312.70 | -5986.50  | 7410.20   | 10312.68 | -15481.09 | 19139.49  | 2.58 | 820.0(192.0) |
| 47 | S | 10296.40 | 5180.40   | -2191.40  | 10296.34 | 32563.15  | -13786.43 | 6.29 | 820.0(192.0) |
| 48 | S | 10291.70 | -6681.90  | -2640.70  | 10291.81 | -33656.35 | -13296.24 | 5.04 | 820.0(192.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
|        | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00139 | 100.0  | 200.0  | 0.00128 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 2      | 0.00136 | 100.0  | 200.0  | 0.00125 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |

|    |         |        |        |         |       |        |          |       |        |
|----|---------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|-------|--------|
| 3  | 0.00135 | 100.0  | -200.0 | 0.00124 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 4  | 0.00133 | 100.0  | -200.0 | 0.00121 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 5  | 0.00134 | -100.0 | 200.0  | 0.00122 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 6  | 0.00131 | -100.0 | 200.0  | 0.00120 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 7  | 0.00136 | -100.0 | -200.0 | 0.00124 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 8  | 0.00133 | -100.0 | -200.0 | 0.00122 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 9  | 0.00136 | 100.0  | 200.0  | 0.00125 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 10 | 0.00133 | 100.0  | 200.0  | 0.00122 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 11 | 0.00134 | 100.0  | -200.0 | 0.00123 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 12 | 0.00132 | 100.0  | -200.0 | 0.00120 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 13 | 0.00135 | -100.0 | 200.0  | 0.00124 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 14 | 0.00132 | -100.0 | 200.0  | 0.00121 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 15 | 0.00139 | -100.0 | -200.0 | 0.00128 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 16 | 0.00136 | -100.0 | -200.0 | 0.00125 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 17 | 0.00129 | 100.0  | 200.0  | 0.00121 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 18 | 0.00124 | 100.0  | 200.0  | 0.00117 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 19 | 0.00146 | -100.0 | 200.0  | 0.00137 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 20 | 0.00143 | -100.0 | 200.0  | 0.00134 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 21 | 0.00117 | 100.0  | -200.0 | 0.00111 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 22 | 0.00115 | 100.0  | -200.0 | 0.00108 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 23 | 0.00150 | -100.0 | -200.0 | 0.00140 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 24 | 0.00147 | -100.0 | -200.0 | 0.00137 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 25 | 0.00150 | 100.0  | 200.0  | 0.00141 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 26 | 0.00147 | 100.0  | 200.0  | 0.00138 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 27 | 0.00115 | -100.0 | 200.0  | 0.00108 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 28 | 0.00113 | -100.0 | 200.0  | 0.00106 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 29 | 0.00148 | 100.0  | -200.0 | 0.00138 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 30 | 0.00144 | 100.0  | -200.0 | 0.00135 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 31 | 0.00125 | -100.0 | -200.0 | 0.00118 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 32 | 0.00123 | -100.0 | -200.0 | 0.00116 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 33 | 0.00154 | 100.0  | 200.0  | 0.00144 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 34 | 0.00154 | 100.0  | -200.0 | 0.00144 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 35 | 0.00147 | -100.0 | 200.0  | 0.00136 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 36 | 0.00146 | -100.0 | -200.0 | 0.00135 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 37 | 0.00144 | 100.0  | 200.0  | 0.00134 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 38 | 0.00144 | 100.0  | -200.0 | 0.00134 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 39 | 0.00137 | -100.0 | 200.0  | 0.00127 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 40 | 0.00137 | -100.0 | -200.0 | 0.00126 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 41 | 0.00146 | 100.0  | 200.0  | 0.00135 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 42 | 0.00146 | 100.0  | -200.0 | 0.00135 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 43 | 0.00152 | -100.0 | 200.0  | 0.00142 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 44 | 0.00151 | -100.0 | -200.0 | 0.00142 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 45 | 0.00137 | 100.0  | 200.0  | 0.00126 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 46 | 0.00138 | 100.0  | -200.0 | 0.00127 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 47 | 0.00144 | -100.0 | 200.0  | 0.00134 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 48 | 0.00143 | -100.0 | -200.0 | 0.00134 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d  | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|------|--------|
| 1      | 0.000014300 | 0.000001257 | -0.000294047 | ---- | ----   |
| 2      | 0.000014165 | 0.000001258 | -0.000306327 | ---- | ----   |

|    |              |              |              |     |     |
|----|--------------|--------------|--------------|-----|-----|
| 3  | 0.000014969  | -0.000000838 | -0.000312648 | --- | --- |
| 4  | 0.000014839  | -0.000000836 | -0.000325199 | --- | --- |
| 5  | -0.000015166 | 0.000000707  | -0.000319665 | --- | --- |
| 6  | -0.000015030 | 0.000000708  | -0.000332081 | --- | --- |
| 7  | -0.000014816 | -0.000000927 | -0.000309677 | --- | --- |
| 8  | -0.000014700 | -0.000000916 | -0.000322615 | --- | --- |
| 9  | 0.000014863  | 0.000000908  | -0.000309083 | --- | --- |
| 10 | 0.000014762  | 0.000000887  | -0.000322454 | --- | --- |
| 11 | 0.000015183  | -0.000000705 | -0.000318393 | --- | --- |
| 12 | 0.000015042  | -0.000000709 | -0.000330693 | --- | --- |
| 13 | -0.000014928 | 0.000000860  | -0.000312305 | --- | --- |
| 14 | -0.000014840 | 0.000000831  | -0.000326069 | --- | --- |
| 15 | -0.000014190 | -0.000001319 | -0.000292138 | --- | --- |
| 16 | -0.000014095 | -0.000001296 | -0.000305476 | --- | --- |
| 17 | 0.000004622  | 0.000005756  | -0.000324772 | --- | --- |
| 18 | 0.000004274  | 0.000005814  | -0.000345757 | --- | --- |
| 19 | -0.000007969 | 0.000004552  | -0.000246215 | --- | --- |
| 20 | -0.000007940 | 0.000004497  | -0.000259458 | --- | --- |
| 21 | 0.000002793  | -0.000006360 | -0.000377829 | --- | --- |
| 22 | 0.000002746  | -0.000006318 | -0.000390364 | --- | --- |
| 23 | -0.000009168 | -0.000004054 | -0.000230850 | --- | --- |
| 24 | -0.000009124 | -0.000004004 | -0.000244529 | --- | --- |
| 25 | 0.000009419  | 0.000003948  | -0.000228084 | --- | --- |
| 26 | 0.000009304  | 0.000003930  | -0.000242203 | --- | --- |
| 27 | -0.000002398 | 0.000006492  | -0.000389256 | --- | --- |
| 28 | -0.000002404 | 0.000006431  | -0.000400227 | --- | --- |
| 29 | 0.000008380  | -0.000004390 | -0.000239280 | --- | --- |
| 30 | 0.000008156  | -0.000004413 | -0.000255543 | --- | --- |
| 31 | -0.000004046 | -0.000005947 | -0.000341243 | --- | --- |
| 32 | -0.000004037 | -0.000005892 | -0.000352664 | --- | --- |
| 33 | 0.000009871  | 0.000003818  | -0.000211140 | --- | --- |
| 34 | 0.000010049  | -0.000003733 | -0.000211053 | --- | --- |
| 35 | -0.000013281 | 0.000001966  | -0.000251937 | --- | --- |
| 36 | -0.000013394 | -0.000001897 | -0.000254562 | --- | --- |
| 37 | 0.000009120  | 0.000003928  | -0.000259783 | --- | --- |
| 38 | 0.000009160  | -0.000003910 | -0.000259546 | --- | --- |
| 39 | -0.000013104 | 0.000001807  | -0.000298951 | --- | --- |
| 40 | -0.000013133 | -0.000001789 | -0.000299705 | --- | --- |
| 41 | 0.000013610  | 0.000001772  | -0.000258631 | --- | --- |
| 42 | 0.000013496  | -0.000001840 | -0.000256087 | --- | --- |
| 43 | -0.000008732 | 0.000004322  | -0.000219664 | --- | --- |
| 44 | -0.000008524 | -0.000004408 | -0.000222494 | --- | --- |
| 45 | 0.000013256  | 0.000001719  | -0.000301695 | --- | --- |
| 46 | 0.000013063  | -0.000001835 | -0.000297270 | --- | --- |
| 47 | -0.000009143 | 0.000003918  | -0.000259572 | --- | --- |
| 48 | -0.000008732 | -0.000004095 | -0.000263507 | --- | --- |

• VERIFICHE A z=6.00m

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: Amandola\_Pila9-Taglio2\_Sismica**

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                               |                                 |                     |                     |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                | Classe:                         | C32/40              |                     |
|                               | Resis. compr. di progetto fcd:  | 18.1                | MPa                 |
|                               | Def.unit. max resistenza ec2:   | 0.0020              |                     |
|                               | Def.unit. ultima ecu:           | 0.0035              |                     |
|                               | Diagramma tensione-deformaz.:   | Parabola-Rettangolo |                     |
|                               | Modulo Elastico Normale Ec:     | 33345.8             | MPa                 |
| Resis. media a trazione fctm: | 3.02                            | MPa                 |                     |
| ACCIAIO -                     | Tipo:                           | B450C               |                     |
|                               | Resist. caratt. snervam. fyk:   | 450.0               | MPa                 |
|                               | Resist. caratt. rottura ftk:    | 450.0               | MPa                 |
|                               | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.3               | MPa                 |
|                               | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.3               | MPa                 |
|                               | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068               |                     |
|                               | Modulo Elastico Ef              | 2100000             | daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito                |                     |                     |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -100.0 | -100.0 |
| 2          | -60.0  | -100.0 |
| 3          | -60.0  | 100.0  |
| 4          | -100.0 | 100.0  |
| 5          | -100.0 | 200.0  |
| 6          | 100.0  | 200.0  |
| 7          | 100.0  | 100.0  |
| 8          | 60.0   | 100.0  |
| 9          | 60.0   | -100.0 |
| 10         | 100.0  | -100.0 |
| 11         | 100.0  | -200.0 |
| 12         | -100.0 | -200.0 |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -92.8  | -107.2 | 30        |
| 2       | -52.8  | -107.2 | 30        |
| 3       | -52.8  | 107.2  | 30        |
| 4       | -92.8  | 107.2  | 30        |
| 5       | -92.8  | 192.8  | 30        |
| 6       | 92.8   | 192.8  | 30        |
| 7       | 92.8   | 107.2  | 30        |
| 8       | 52.8   | 107.2  | 30        |
| 9       | 52.8   | -107.2 | 30        |
| 10      | 92.8   | -107.2 | 30        |
| 11      | 92.8   | -192.8 | 30        |

12                    -92.8                    -192.8                    30

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.                    Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini.            Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin.            Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre                 Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø                         Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 12           | 11           | 8       | 30 |
| 2      | 5            | 6            | 8       | 30 |
| 3      | 4            | 3            | 1       | 30 |
| 4      | 8            | 7            | 1       | 30 |
| 5      | 1            | 2            | 1       | 30 |
| 6      | 9            | 10           | 1       | 30 |
| 7      | 5            | 4            | 3       | 30 |
| 8      | 6            | 7            | 3       | 30 |
| 9      | 1            | 12           | 3       | 30 |
| 10     | 10           | 11           | 3       | 30 |
| 11     | 3            | 2            | 10      | 30 |
| 12     | 8            | 9            | 10      | 30 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                         Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx                        Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My                        Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy                        Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx                        Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N        | Mx       | My        | Vy   | Vx   |
|---------|----------|----------|-----------|------|------|
| 1       | 11621.60 | 5882.60  | 11028.20  | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 10799.70 | 5866.50  | 10979.40  | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 11616.90 | -3495.70 | 10653.70  | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 10795.10 | -3511.90 | 10604.90  | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 11551.80 | 3935.50  | -14203.80 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 10730.00 | 3919.30  | -14252.60 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 11547.10 | -5442.80 | -14578.40 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | 10725.30 | -5459.00 | -14627.20 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | 11644.30 | 5340.50  | 14874.40  | 0.00 | 0.00 |
| 10      | 10822.50 | 5324.30  | 14825.60  | 0.00 | 0.00 |
| 11      | 11639.60 | -4037.80 | 14499.90  | 0.00 | 0.00 |
| 12      | 10817.80 | -4054.00 | 14451.10  | 0.00 | 0.00 |
| 13      | 11574.50 | 3393.40  | -10357.60 | 0.00 | 0.00 |
| 14      | 10752.70 | 3377.20  | -10406.40 | 0.00 | 0.00 |
| 15      | 11569.90 | -5984.90 | -10732.20 | 0.00 | 0.00 |
| 16      | 10748.00 | -6001.10 | -10781.00 | 0.00 | 0.00 |
| 17      | 11602.60 | 16142.50 | 2634.00   | 0.00 | 0.00 |
| 18      | 10780.80 | 16126.30 | 2585.10   | 0.00 | 0.00 |
| 19      | 11581.70 | 15558.40 | -4935.60  | 0.00 | 0.00 |

|    |          |           |          |      |      |
|----|----------|-----------|----------|------|------|
| 20 | 10759.80 | 15542.20  | -4984.50 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | 11587.00 | -15118.60 | 1385.50  | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 10765.20 | -15134.70 | 1336.70  | 0.00 | 0.00 |
| 23 | 11566.10 | -15702.70 | -6184.10 | 0.00 | 0.00 |
| 24 | 10744.30 | -15718.90 | -6232.90 | 0.00 | 0.00 |
| 25 | 11625.30 | 15600.40  | 6480.20  | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 10803.50 | 15584.20  | 6431.40  | 0.00 | 0.00 |
| 27 | 11604.40 | 15016.30  | -1089.40 | 0.00 | 0.00 |
| 28 | 10782.60 | 15000.10  | -1138.30 | 0.00 | 0.00 |
| 29 | 11609.80 | -15660.70 | 5231.70  | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 10787.90 | -15676.80 | 5182.90  | 0.00 | 0.00 |
| 31 | 11588.80 | -16244.80 | -2337.90 | 0.00 | 0.00 |
| 32 | 10767.00 | -16261.00 | -2386.70 | 0.00 | 0.00 |
| 33 | 12555.90 | 5220.00   | 2254.00  | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 12551.30 | -4158.30  | 1879.40  | 0.00 | 0.00 |
| 35 | 12535.00 | 4635.90   | -5315.60 | 0.00 | 0.00 |
| 36 | 12530.30 | -4742.50  | -5690.20 | 0.00 | 0.00 |
| 37 | 9816.50  | 5166.10   | 2091.20  | 0.00 | 0.00 |
| 38 | 9811.80  | -4212.20  | 1716.70  | 0.00 | 0.00 |
| 39 | 9795.60  | 4582.00   | -5478.40 | 0.00 | 0.00 |
| 40 | 9790.90  | -4796.40  | -5852.90 | 0.00 | 0.00 |
| 41 | 12578.70 | 4677.90   | 6100.20  | 0.00 | 0.00 |
| 42 | 12574.00 | -4700.40  | 5725.60  | 0.00 | 0.00 |
| 43 | 12557.80 | 4093.80   | -1469.40 | 0.00 | 0.00 |
| 44 | 12553.10 | -5284.60  | -1844.00 | 0.00 | 0.00 |
| 45 | 9839.30  | 4624.00   | 5937.40  | 0.00 | 0.00 |
| 46 | 9834.60  | -4754.30  | 5562.90  | 0.00 | 0.00 |
| 47 | 9818.30  | 4039.90   | -1632.20 | 0.00 | 0.00 |
| 48 | 9813.70  | -5338.50  | -2006.70 | 0.00 | 0.00 |

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|  |         |
|--|---------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 5.7 cm  |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 16.5 cm |

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

|           |  |
|-----------|--|
| Ver       | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N         | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res     | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic.  | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]                                |

| N°Comb | Ver | N        | Mx       | My        | N Res    | Mx Res   | My Res    | Mis.Sic. | As Totale    |
|--------|-----|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|--------------|
| 1      | S   | 11621.60 | 5882.60  | 11028.20  | 11621.44 | 8561.98  | 16046.15  | 1.46     | 452.4(192.0) |
| 2      | S   | 10799.70 | 5866.50  | 10979.40  | 10799.92 | 8266.69  | 15650.62  | 1.42     | 452.4(192.0) |
| 3      | S   | 11616.90 | -3495.70 | 10653.70  | 11616.71 | -5472.86 | 16633.01  | 1.56     | 452.4(192.0) |
| 4      | S   | 10795.10 | -3511.90 | 10604.90  | 10795.38 | -5296.79 | 16214.51  | 1.53     | 452.4(192.0) |
| 5      | S   | 11551.80 | 3935.50  | -14203.80 | 11551.51 | 4647.59  | -16748.40 | 1.18     | 452.4(192.0) |
| 6      | S   | 10730.00 | 3919.30  | -14252.60 | 10729.73 | 4506.57  | -16322.65 | 1.15     | 452.4(192.0) |
| 7      | S   | 11547.10 | -5442.80 | -14578.40 | 11547.23 | -6125.66 | -16474.25 | 1.13     | 452.4(192.0) |



|    |   |          |           |           |          |           |           |      |              |
|----|---|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------|--------------|
| 8  | S | 10725.30 | -5459.00  | -14627.20 | 10725.37 | -6013.18  | -16042.90 | 1.10 | 452.4(192.0) |
| 9  | S | 11644.30 | 5340.50   | 14874.40  | 11644.53 | 5879.00   | 16573.12  | 1.11 | 452.4(192.0) |
| 10 | S | 10822.50 | 5324.30   | 14825.60  | 10822.44 | 5789.15   | 16138.22  | 1.09 | 452.4(192.0) |
| 11 | S | 11639.60 | -4037.80  | 14499.90  | 11639.83 | -4662.66  | 16793.77  | 1.16 | 452.4(192.0) |
| 12 | S | 10817.80 | -4054.00  | 14451.10  | 10817.74 | -4652.28  | 16345.15  | 1.13 | 452.4(192.0) |
| 13 | S | 11574.50 | 3393.40   | -10357.60 | 11574.56 | 5427.16   | -16618.40 | 1.60 | 452.4(192.0) |
| 14 | S | 10752.70 | 3377.20   | -10406.40 | 10752.90 | 5193.89   | -16210.05 | 1.56 | 452.4(192.0) |
| 15 | S | 11569.90 | -5984.90  | -10732.20 | 11569.95 | -8895.71  | -15951.64 | 1.49 | 452.4(192.0) |
| 16 | S | 10748.00 | -6001.10  | -10781.00 | 10747.82 | -8676.71  | -15540.11 | 1.44 | 452.4(192.0) |
| 17 | S | 11602.60 | 16142.50  | 2634.00   | 11602.56 | 34072.43  | 5493.83   | 2.11 | 452.4(192.0) |
| 18 | S | 10780.80 | 16126.30  | 2585.10   | 10780.73 | 33045.33  | 5412.31   | 2.05 | 452.4(192.0) |
| 19 | S | 11581.70 | 15558.40  | -4935.60  | 11581.78 | 29485.98  | -9415.86  | 1.90 | 452.4(192.0) |
| 20 | S | 10759.80 | 15542.20  | -4984.50  | 10759.55 | 28768.04  | -9084.76  | 1.85 | 452.4(192.0) |
| 21 | S | 11587.00 | -15118.60 | 1385.50   | 11586.94 | -35936.06 | 3391.88   | 2.38 | 452.4(192.0) |
| 22 | S | 10765.20 | -15134.70 | 1336.70   | 10765.45 | -35183.66 | 2986.71   | 2.32 | 452.4(192.0) |
| 23 | S | 11566.10 | -15702.70 | -6184.10  | 11566.09 | -27411.56 | -10645.96 | 1.74 | 452.4(192.0) |
| 24 | S | 10744.30 | -15718.90 | -6232.90  | 10744.11 | -26523.23 | -10430.88 | 1.69 | 452.4(192.0) |
| 25 | S | 11625.30 | 15600.40  | 6480.20   | 11625.51 | 26631.36  | 11076.11  | 1.71 | 452.4(192.0) |
| 26 | S | 10803.50 | 15584.20  | 6431.40   | 10803.37 | 25895.72  | 10791.15  | 1.66 | 452.4(192.0) |
| 27 | S | 11604.40 | 15016.30  | -1089.40  | 11604.61 | 36696.05  | -2500.68  | 2.44 | 452.4(192.0) |
| 28 | S | 10782.60 | 15000.10  | -1138.30  | 10782.57 | 35444.33  | -2697.39  | 2.36 | 452.4(192.0) |
| 29 | S | 11609.80 | -15660.70 | 5231.70   | 11609.64 | -29010.04 | 9755.45   | 1.85 | 452.4(192.0) |
| 30 | S | 10787.90 | -15676.80 | 5182.90   | 10787.97 | -28409.19 | 9353.85   | 1.81 | 452.4(192.0) |
| 31 | S | 11588.80 | -16244.80 | -2337.90  | 11588.78 | -34566.82 | -4949.74  | 2.13 | 452.4(192.0) |
| 32 | S | 10767.00 | -16261.00 | -2386.70  | 10767.18 | -33484.38 | -4929.81  | 2.06 | 452.4(192.0) |
| 33 | S | 12555.90 | 5220.00   | 2254.00   | 12555.77 | 26829.79  | 11659.64  | 5.15 | 452.4(192.0) |
| 34 | S | 12551.30 | -4158.30  | 1879.40   | 12551.13 | -26288.20 | 11879.15  | 6.32 | 452.4(192.0) |
| 35 | S | 12535.00 | 4635.90   | -5315.60  | 12534.85 | 13550.03  | -15498.19 | 2.92 | 452.4(192.0) |
| 36 | S | 12530.30 | -4742.50  | -5690.20  | 12530.47 | -12942.53 | -15630.48 | 2.74 | 452.4(192.0) |
| 37 | S | 9816.50  | 5166.10   | 2091.20   | 9816.58  | 25427.72  | 10219.77  | 4.92 | 452.4(192.0) |
| 38 | S | 9811.80  | -4212.20  | 1716.70   | 9811.58  | -25379.51 | 10240.46  | 6.02 | 452.4(192.0) |
| 39 | S | 9795.60  | 4582.00   | -5478.40  | 9795.60  | 11936.55  | -14317.63 | 2.61 | 452.4(192.0) |
| 40 | S | 9790.90  | -4796.40  | -5852.90  | 9790.71  | -11736.67 | -14358.73 | 2.45 | 452.4(192.0) |
| 41 | S | 12578.70 | 4677.90   | 6100.20   | 12578.87 | 12053.73  | 15850.20  | 2.59 | 452.4(192.0) |
| 42 | S | 12574.00 | -4700.40  | 5725.60   | 12573.81 | -12949.11 | 15652.75  | 2.74 | 452.4(192.0) |
| 43 | S | 12557.80 | 4093.80   | -1469.40  | 12557.58 | 29376.91  | -10391.87 | 7.16 | 452.4(192.0) |
| 44 | S | 12553.10 | -5284.60  | -1844.00  | 12552.97 | -29524.69 | -10299.88 | 5.59 | 452.4(192.0) |
| 45 | S | 9839.30  | 4624.00   | 5937.40   | 9839.33  | 11356.89  | 14469.37  | 2.44 | 452.4(192.0) |
| 46 | S | 9834.60  | -4754.30  | 5562.90   | 9834.88  | -12192.37 | 14283.67  | 2.57 | 452.4(192.0) |
| 47 | S | 9818.30  | 4039.90   | -1632.20  | 9818.15  | 25441.24  | -10214.06 | 6.29 | 452.4(192.0) |
| 48 | S | 9813.70  | -5338.50  | -2006.70  | 9813.69  | -26162.47 | -9814.89  | 4.90 | 452.4(192.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00129 | 100.0  | 200.0  | 0.00118 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |
| 2      | 0.00126 | 100.0  | 200.0  | 0.00115 | 92.8   | 192.8  | -0.00186 | -92.8  | -192.8 |

|    |         |        |        |         |       |        |          |       |        |
|----|---------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|-------|--------|
| 3  | 0.00125 | 100.0  | -200.0 | 0.00113 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 4  | 0.00121 | 100.0  | -200.0 | 0.00110 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 5  | 0.00123 | -100.0 | 200.0  | 0.00112 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 6  | 0.00120 | -100.0 | 200.0  | 0.00109 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 7  | 0.00125 | -100.0 | -200.0 | 0.00114 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 8  | 0.00122 | -100.0 | -200.0 | 0.00111 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 9  | 0.00125 | 100.0  | 200.0  | 0.00114 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 10 | 0.00122 | 100.0  | 200.0  | 0.00111 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 11 | 0.00123 | 100.0  | -200.0 | 0.00112 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 12 | 0.00120 | 100.0  | -200.0 | 0.00109 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 13 | 0.00124 | -100.0 | 200.0  | 0.00113 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 14 | 0.00121 | -100.0 | 200.0  | 0.00110 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 15 | 0.00129 | -100.0 | -200.0 | 0.00118 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 16 | 0.00126 | -100.0 | -200.0 | 0.00115 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 17 | 0.00115 | 100.0  | 200.0  | 0.00108 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 18 | 0.00112 | 100.0  | 200.0  | 0.00105 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 19 | 0.00134 | -100.0 | 200.0  | 0.00125 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 20 | 0.00130 | -100.0 | 200.0  | 0.00121 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 21 | 0.00104 | 100.0  | -200.0 | 0.00098 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 22 | 0.00099 | 100.0  | -200.0 | 0.00093 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 23 | 0.00139 | -100.0 | -200.0 | 0.00130 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 24 | 0.00136 | -100.0 | -200.0 | 0.00127 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 25 | 0.00141 | 100.0  | 200.0  | 0.00132 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 26 | 0.00137 | 100.0  | 200.0  | 0.00128 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 27 | 0.00100 | -100.0 | 200.0  | 0.00094 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 28 | 0.00098 | -100.0 | 200.0  | 0.00092 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 29 | 0.00136 | 100.0  | -200.0 | 0.00127 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 30 | 0.00131 | 100.0  | -200.0 | 0.00123 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 31 | 0.00112 | -100.0 | -200.0 | 0.00105 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 32 | 0.00109 | -100.0 | -200.0 | 0.00102 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 33 | 0.00145 | 100.0  | 200.0  | 0.00136 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 34 | 0.00146 | 100.0  | -200.0 | 0.00136 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 35 | 0.00138 | -100.0 | 200.0  | 0.00127 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 36 | 0.00137 | -100.0 | -200.0 | 0.00127 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 37 | 0.00132 | 100.0  | 200.0  | 0.00123 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 38 | 0.00132 | 100.0  | -200.0 | 0.00123 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 39 | 0.00127 | -100.0 | 200.0  | 0.00116 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 40 | 0.00126 | -100.0 | -200.0 | 0.00116 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 41 | 0.00137 | 100.0  | 200.0  | 0.00126 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 42 | 0.00138 | 100.0  | -200.0 | 0.00127 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 43 | 0.00141 | -100.0 | 200.0  | 0.00132 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 44 | 0.00141 | -100.0 | -200.0 | 0.00132 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |
| 45 | 0.00126 | 100.0  | 200.0  | 0.00116 | 92.8  | 192.8  | -0.00186 | -92.8 | -192.8 |
| 46 | 0.00127 | 100.0  | -200.0 | 0.00117 | 92.8  | -192.8 | -0.00186 | -92.8 | 192.8  |
| 47 | 0.00132 | -100.0 | 200.0  | 0.00123 | -92.8 | 192.8  | -0.00186 | 92.8  | -192.8 |
| 48 | 0.00130 | -100.0 | -200.0 | 0.00122 | -92.8 | -192.8 | -0.00186 | 92.8  | 192.8  |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d  | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|------|--------|
| 1      | 0.000013810 | 0.000001246 | -0.000341600 | ---- | ----   |
| 2      | 0.000013708 | 0.000001212 | -0.000357543 | ---- | ----   |

|    |              |              |              |     |     |
|----|--------------|--------------|--------------|-----|-----|
| 3  | 0.000014479  | -0.000000807 | -0.000364179 | --- | --- |
| 4  | 0.000014354  | -0.000000786 | -0.000379648 | --- | --- |
| 5  | -0.000014645 | 0.000000688  | -0.000371673 | --- | --- |
| 6  | -0.000014514 | 0.000000672  | -0.000386986 | --- | --- |
| 7  | -0.000014324 | -0.000000901 | -0.000360452 | --- | --- |
| 8  | -0.000014185 | -0.000000890 | -0.000375366 | --- | --- |
| 9  | 0.000014396  | 0.000000865  | -0.000360628 | --- | --- |
| 10 | 0.000014253  | 0.000000857  | -0.000375397 | --- | --- |
| 11 | 0.000014659  | -0.000000690 | -0.000370035 | --- | --- |
| 12 | 0.000014500  | -0.000000692 | -0.000384313 | --- | --- |
| 13 | -0.000014480 | 0.000000800  | -0.000365253 | --- | --- |
| 14 | -0.000014369 | 0.000000772  | -0.000381179 | --- | --- |
| 15 | -0.000013727 | -0.000001293 | -0.000340160 | --- | --- |
| 16 | -0.000013607 | -0.000001271 | -0.000355536 | --- | --- |
| 17 | 0.000003883  | 0.000005753  | -0.000393852 | --- | --- |
| 18 | 0.000003827  | 0.000005704  | -0.000408376 | --- | --- |
| 19 | -0.000007144 | 0.000004644  | -0.000304975 | --- | --- |
| 20 | -0.000006910 | 0.000004655  | -0.000324554 | --- | --- |
| 21 | 0.000002386  | -0.000006220 | -0.000442713 | --- | --- |
| 22 | 0.000002095  | -0.000006245 | -0.000464901 | --- | --- |
| 23 | -0.000008518 | -0.000004109 | -0.000280555 | --- | --- |
| 24 | -0.000008455 | -0.000004055 | -0.000297004 | --- | --- |
| 25 | 0.000008985  | 0.000003919  | -0.000273859 | --- | --- |
| 26 | 0.000008862  | 0.000003890  | -0.000290908 | --- | --- |
| 27 | -0.000001766 | 0.000006412  | -0.000463126 | --- | --- |
| 28 | -0.000001894 | 0.000006308  | -0.000471361 | --- | --- |
| 29 | 0.000007502  | -0.000004513 | -0.000297124 | --- | --- |
| 30 | 0.000007193  | -0.000004552 | -0.000318128 | --- | --- |
| 31 | -0.000003488 | -0.000005877 | -0.000406619 | --- | --- |
| 32 | -0.000003474 | -0.000005815 | -0.000419758 | --- | --- |
| 33 | 0.000009390  | 0.000003834  | -0.000252828 | --- | --- |
| 34 | 0.000009607  | -0.000003734 | -0.000251780 | --- | --- |
| 35 | -0.000012909 | 0.000001922  | -0.000294796 | --- | --- |
| 36 | -0.000013042 | -0.000001839 | -0.000298396 | --- | --- |
| 37 | 0.000008433  | 0.000003971  | -0.000315208 | --- | --- |
| 38 | 0.000008460  | -0.000003959 | -0.000314954 | --- | --- |
| 39 | -0.000012679 | 0.000001747  | -0.000349928 | --- | --- |
| 40 | -0.000012723 | -0.000001719 | -0.000351268 | --- | --- |
| 41 | 0.000013246  | 0.000001718  | -0.000302922 | --- | --- |
| 42 | 0.000013049  | -0.000001840 | -0.000297643 | --- | --- |
| 43 | -0.000008046 | 0.000004393  | -0.000269751 | --- | --- |
| 44 | -0.000007947 | -0.000004431 | -0.000271624 | --- | --- |
| 45 | 0.000012820  | 0.000001664  | -0.000352863 | --- | --- |
| 46 | 0.000012629  | -0.000001783 | -0.000347681 | --- | --- |
| 47 | -0.000008426 | 0.000003974  | -0.000315281 | --- | --- |
| 48 | -0.000007927 | -0.000004175 | -0.000322772 | --- | --- |

## 7.2.2 Verifiche SLU e SLE in condizioni statiche

Si riportano di seguito i tabulati delle verifiche SLU e SLE in condizioni statiche.

Vale il seguente significato dei simboli:

|         |   |
|---------|---|
| N[kN]   | azione assiale  |
| Mx[kNm] | momento flettente in direzione <u>trasversale</u> alla pila   |
| My[kNm] | momento flettente in direzione <u>longitudinale</u> alla pila |

Le combinazioni SLU e SLE-rare (caratteristiche) elencate nei tabulati di verifica possono essere così sintetizzate:

- Le n°8, n°16, n°26 e n°34: combinazioni con vento principale;
- Le n°17, n°18, n°35 e n°36: combinazioni con termica principale;
- Nelle restanti combinazioni si considera il traffico come principale (gruppi di carico 1, 2a e 2b).

Per la lista completa delle combinazioni SLU e SLE si rimanda rispettivamente al §5.1 e 5.2. Le sollecitazioni elementari sono riportate al §6.3.2.

- VERIFICHE ALLO SPICCATO (z=0m)

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: Amandola\_Pila9-Spiccato\_Statica**

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Pilastro        |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                |                                |                     |
|----------------|--------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                        | C32/40              |
|                | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.1 MPa            |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:  | 0.0020              |
|                | Def.unit. ultima ecu:          | 0.0035              |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:  | Parabola-Rettangolo |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:    | 33345.8 MPa         |
|                | Resis. media a trazione fctm:  | 3.02 MPa            |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:         | 15.00               |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Rare:   | 19.2 MPa            |

|                  |  |                  |                     |
|------------------|--|------------------|---------------------|
|                  | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:              | 19.2             | MPa                 |
|                  | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:      | 0.300            | mm                  |
|                  | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:           | 14.4             | MPa                 |
|                  | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:           | 0.200            | mm                  |
| <b>ACCIAIO -</b> | Tipo:  | B450C            |                     |
|                  | Resist. caratt. snervam. fyk:                  | 450.0            | MPa                 |
|                  | Resist. caratt. rottura ftk:                   | 450.0            | MPa                 |
|                  | Resist. snerv. di progetto fyd:                | 391.3            | MPa                 |
|                  | Resist. ultima di progetto ftd:                | 391.3            | MPa                 |
|                  | Deform. ultima di progetto Epu:                | 0.068            |                     |
|                  | Modulo Elastico Ef                             | 2100000          | daN/cm <sup>2</sup> |
|                  | Diagramma tensione-deformaz.:                  | Bilineare finito |                     |
|                  | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ : | 1.00             |                     |
|                  | Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :  | 0.50             |                     |
|                  | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                   | 360.00           | MPa                 |

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -100.0 | -100.0 |
| 2          | -60.0  | -100.0 |
| 3          | -60.0  | 100.0  |
| 4          | -100.0 | 100.0  |
| 5          | -100.0 | 200.0  |
| 6          | 100.0  | 200.0  |
| 7          | 100.0  | 100.0  |
| 8          | 60.0   | 100.0  |
| 9          | 60.0   | -100.0 |
| 10         | 100.0  | -100.0 |
| 11         | 100.0  | -200.0 |
| 12         | -100.0 | -200.0 |

### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -92.8  | -107.2 | 30        |
| 2       | -52.8  | -107.2 | 30        |
| 3       | -52.8  | 107.2  | 30        |
| 4       | -92.8  | 107.2  | 30        |
| 5       | -92.8  | 192.8  | 30        |
| 6       | 92.8   | 192.8  | 30        |
| 7       | 92.8   | 107.2  | 30        |
| 8       | 52.8   | 107.2  | 30        |
| 9       | 52.8   | -107.2 | 30        |
| 10      | 92.8   | -107.2 | 30        |
| 11      | 92.8   | -192.8 | 30        |
| 12      | -92.8  | -192.8 | 30        |
| 13      | -72.0  | 186.8  | 30        |
| 14      | 72.0   | 186.8  | 30        |
| 15      | -72.0  | -186.8 | 30        |
| 16      | 72.0   | -186.8 | 30        |
| 17      | -86.8  | 171.5  | 30        |

|    |       |        |    |
|----|-------|--------|----|
| 18 | -86.8 | 128.5  | 30 |
| 19 | 86.8  | 171.5  | 30 |
| 20 | 86.8  | 128.5  | 30 |
| 21 | -86.8 | -171.5 | 30 |
| 22 | -86.8 | -128.5 | 30 |
| 23 | 86.8  | -171.5 | 30 |
| 24 | 86.8  | -128.5 | 30 |
| 25 | -80.9 | 171.5  | 30 |
| 26 | -80.9 | 128.5  | 30 |
| 27 | 80.9  | 171.5  | 30 |
| 28 | 80.9  | 128.5  | 30 |
| 29 | -80.9 | -171.5 | 30 |
| 30 | -80.9 | -128.5 | 30 |
| 31 | 80.9  | -171.5 | 30 |
| 32 | 80.9  | -128.5 | 30 |
| 33 | -46.8 | 107.2  | 30 |
| 34 | -46.8 | -107.2 | 30 |
| 35 | 46.8  | 107.2  | 30 |
| 36 | 46.8  | -107.2 | 30 |
| 37 | -40.8 | 107.2  | 30 |
| 38 | -40.8 | -107.2 | 30 |
| 39 | 40.8  | 107.2  | 30 |
| 40 | 40.8  | -107.2 | 30 |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |  |  |  |
|--------------|---|--|--|--|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |  |  |  |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |  |  |  |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |  |  |  |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |  |  |  |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |  |  |  |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 12           | 11           | 8       | 30 |
| 2      | 5            | 6            | 8       | 30 |
| 3      | 4            | 3            | 1       | 30 |
| 4      | 8            | 7            | 1       | 30 |
| 5      | 1            | 2            | 1       | 30 |
| 6      | 9            | 10           | 1       | 30 |
| 7      | 5            | 4            | 3       | 30 |
| 8      | 6            | 7            | 3       | 30 |
| 9      | 1            | 12           | 3       | 30 |
| 10     | 10           | 11           | 3       | 30 |
| 11     | 3            | 2            | 10      | 30 |
| 12     | 8            | 9            | 10      | 30 |
| 13     | 13           | 14           | 6       | 30 |
| 14     | 15           | 16           | 6       | 30 |
| 15     | 17           | 18           | 1       | 30 |
| 16     | 19           | 20           | 1       | 30 |
| 17     | 21           | 22           | 1       | 30 |
| 18     | 23           | 24           | 1       | 30 |
| 19     | 25           | 26           | 1       | 30 |
| 20     | 27           | 28           | 1       | 30 |
| 21     | 29           | 30           | 1       | 30 |
| 22     | 31           | 32           | 1       | 30 |
| 23     | 33           | 34           | 10      | 30 |

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 24 | 35 | 36 | 10 | 30 |
| 25 | 37 | 38 | 10 | 30 |
| 26 | 39 | 40 | 10 | 30 |

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|         | N  | Mx        | My       | Vy   | Vx   |
|---------|--|-----------|----------|------|------|
| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |           |          |      |      |
| Mx      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |           |          |      |      |
| My      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |           |          |      |      |
| Vy      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |           |          |      |      |
| Vx      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x  |           |          |      |      |
| N°Comb. | N  | Mx        | My       | Vy   | Vx   |
| 1       | 16634.00   | 11161.30  | -3856.60 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 22226.50   | 20315.20  | -3928.10 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 20952.20   | 23773.80  | -3852.80 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 20942.10   | 506.50    | -3860.90 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 16933.30   | 11614.80  | -2179.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 16935.60   | 11600.80  | -5364.80 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 19180.50   | 18381.30  | -3735.80 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | 19563.10   | 25654.60  | -2645.70 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | 16674.80   | 10084.30  | 6700.60  | 0.00 | 0.00 |
| 10      | 22267.20   | 19238.20  | 6629.10  | 0.00 | 0.00 |
| 11      | 20993.00   | 22696.90  | 6704.40  | 0.00 | 0.00 |
| 12      | 20982.90   | -570.50   | 6696.30  | 0.00 | 0.00 |
| 13      | 16974.10   | 10537.80  | 8378.20  | 0.00 | 0.00 |
| 14      | 16976.40   | 10523.90  | 5192.40  | 0.00 | 0.00 |
| 15      | 19221.20   | 17304.30  | 6821.40  | 0.00 | 0.00 |
| 16      | 19603.90   | 24577.60  | 7911.50  | 0.00 | 0.00 |
| 17      | 19167.80   | 18208.60  | -7219.40 | 0.00 | 0.00 |
| 18      | 19235.50   | 16623.40  | 9066.70  | 0.00 | 0.00 |
| 19      | 16631.40   | -12051.20 | -4867.80 | 0.00 | 0.00 |
| 20      | 22223.90   | -2897.30  | -4939.30 | 0.00 | 0.00 |
| 21      | 20949.60   | 561.30    | -4864.00 | 0.00 | 0.00 |
| 22      | 20939.50   | -22706.00 | -4872.20 | 0.00 | 0.00 |
| 23      | 16930.70   | -11597.70 | -3190.30 | 0.00 | 0.00 |
| 24      | 16933.00   | -11611.70 | -6376.00 | 0.00 | 0.00 |
| 25      | 19179.10   | -16479.30 | -4760.80 | 0.00 | 0.00 |
| 26      | 19560.10   | -24681.00 | -4344.90 | 0.00 | 0.00 |
| 27      | 16672.20   | -13128.10 | 5689.40  | 0.00 | 0.00 |
| 28      | 22264.70   | -3974.30  | 5617.90  | 0.00 | 0.00 |
| 29      | 20990.40   | -515.60   | 5693.20  | 0.00 | 0.00 |
| 30      | 20980.30   | -23783.00 | 5685.00  | 0.00 | 0.00 |
| 31      | 16971.50   | -12674.70 | 7366.90  | 0.00 | 0.00 |
| 32      | 16973.80   | -12688.60 | 4181.20  | 0.00 | 0.00 |
| 33      | 19219.90   | -17556.30 | 5796.40  | 0.00 | 0.00 |
| 34      | 19600.90   | -25757.90 | 6212.30  | 0.00 | 0.00 |
| 35      | 19166.50   | -16652.00 | -8244.50 | 0.00 | 0.00 |
| 36      | 19234.20   | -18237.20 | 8041.70  | 0.00 | 0.00 |

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|   |   |
|---|---|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione) |
|---|---|

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N        | Mx        | My       |
|---------|----------|-----------|----------|
| 1       | 12063.80 | 7375.50   | -2573.30 |
| 2       | 16206.40 | 14156.10  | -2626.30 |
| 3       | 15262.50 | 16718.10  | -2570.50 |
| 4       | 15255.00 | -517.00   | -2576.50 |
| 5       | 12285.50 | 7711.40   | -1330.70 |
| 6       | 12287.20 | 7701.10   | -3690.50 |
| 7       | 13950.10 | 12723.60  | -2483.80 |
| 8       | 14205.20 | 17538.80  | -1758.60 |
| 9       | 12091.10 | 6605.10   | 4792.10  |
| 10      | 16233.60 | 13385.70  | 4739.20  |
| 11      | 15289.70 | 15947.70  | 4794.90  |
| 12      | 15282.20 | -1287.40  | 4788.90  |
| 13      | 12312.70 | 6941.00   | 6034.80  |
| 14      | 12314.40 | 6930.60   | 3674.90  |
| 15      | 13977.30 | 11953.20  | 4881.60  |
| 16      | 14232.40 | 16768.30  | 5606.80  |
| 17      | 13941.60 | 12574.80  | -4807.80 |
| 18      | 13986.80 | 11465.50  | 6377.00  |
| 19      | 11680.60 | -6855.10  | -3194.20 |
| 20      | 15823.10 | -74.40    | -3247.10 |
| 21      | 14879.20 | 2487.50   | -3191.30 |
| 22      | 14871.80 | -14747.50 | -3197.40 |
| 23      | 11902.30 | -6519.20  | -1951.50 |
| 24      | 11904.00 | -6529.50  | -4311.30 |
| 25      | 13567.80 | -10135.20 | -3114.90 |
| 26      | 13567.30 | -14807.10 | -2803.60 |
| 27      | 11707.80 | -7625.50  | 4171.30  |
| 28      | 15850.40 | -844.90   | 4118.30  |
| 29      | 14906.50 | 1717.10   | 4174.10  |
| 30      | 14899.00 | -15518.00 | 4168.10  |
| 31      | 11929.50 | -7289.60  | 5413.90  |
| 32      | 11931.20 | -7299.90  | 3054.10  |
| 33      | 13595.00 | -10905.60 | 4250.50  |
| 34      | 13594.60 | -15577.50 | 4561.90  |
| 35      | 13559.30 | -10284.00 | -5438.80 |
| 36      | 13604.50 | -11393.20 | 5745.90  |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N        | Mx                   | My                   |
|---------|----------|----------------------|----------------------|
| 1       | 11905.70 | -69.70 (0.00)        | -3044.00 (0.00)      |
| 2       | 14029.20 | 3424.70 (71507.61)   | -3064.20 (-63980.38) |
| 3       | 13569.40 | 4610.30 (37352.12)   | -3032.40 (-24568.15) |
| 4       | 13570.30 | -4017.90 (-42604.47) | -3042.60 (-32262.71) |



|    |          |                      |                      |
|----|----------|----------------------|----------------------|
| 5  | 11928.50 | -755.40 (-18244.86)  | 3366.60 (81312.10)   |
| 6  | 14052.00 | 2739.00 (51605.18)   | 3346.40 (63049.13)   |
| 7  | 13592.10 | 3924.60 (28444.37)   | 3378.20 (24484.22)   |
| 8  | 13593.10 | -4703.70 (-26626.29) | 3368.00 (19065.28)   |
| 9  | 12131.30 | 323.40 (7932.84)     | -3570.80 (-87589.97) |
| 10 | 12158.60 | -447.10 (-5661.39)   | 3794.70 (48050.24)   |

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N        | Mx                  | My                  |
|---------|----------|---------------------|---------------------|
| 1       | 12133.40 | 276.20 (0.00)       | -2993.60 (0.00)     |
| 2       | 12156.20 | -409.50 (-19001.67) | 3417.00 (158556.06) |

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|  |        |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 5.7 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 2.9 cm |

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|           |  |
|-----------|--|
| Ver       | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N         | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res     | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic.  | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]   |

| N°Comb | Ver | N        | Mx       | My       | N Res    | Mx Res   | My Res    | Mis.Sic. | As Totale     |
|--------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------------|
| 1      | S   | 16634.00 | 11161.30 | -3856.60 | 16634.01 | 61829.87 | -21500.84 | 5.54     | 1074.4(192.0) |
| 2      | S   | 22226.50 | 20315.20 | -3928.10 | 22226.52 | 77677.15 | -15075.88 | 3.82     | 1074.4(192.0) |
| 3      | S   | 20952.20 | 23773.80 | -3852.80 | 20952.18 | 80186.30 | -13288.45 | 3.37     | 1074.4(192.0) |
| 4      | S   | 20942.10 | 506.50   | -3860.90 | 20941.99 | 5392.07  | -39672.71 | 10.28    | 1074.4(192.0) |
| 5      | S   | 16933.30 | 11614.80 | -2179.00 | 16933.28 | 76485.41 | -14166.30 | 6.58     | 1074.4(192.0) |
| 6      | S   | 16935.60 | 11600.80 | -5364.80 | 16935.56 | 54204.88 | -24966.49 | 4.67     | 1074.4(192.0) |
| 7      | S   | 19180.50 | 18381.30 | -3735.80 | 19180.38 | 75399.05 | -15483.13 | 4.10     | 1074.4(192.0) |
| 8      | S   | 19563.10 | 25654.60 | -2645.70 | 19563.03 | 85845.01 | -8903.88  | 3.35     | 1074.4(192.0) |
| 9      | S   | 16674.80 | 10084.30 | 6700.60  | 16674.65 | 43679.03 | 29207.55  | 4.34     | 1074.4(192.0) |
| 10     | S   | 22267.20 | 19238.20 | 6629.10  | 22267.40 | 63824.78 | 21980.02  | 3.32     | 1074.4(192.0) |
| 11     | S   | 20993.00 | 22696.90 | 6704.40  | 20993.16 | 67628.46 | 19913.06  | 2.98     | 1074.4(192.0) |
| 12     | S   | 20982.90 | -570.50  | 6696.30  | 20982.92 | -3419.58 | 39816.53  | 5.95     | 1074.4(192.0) |
| 13     | S   | 16974.10 | 10537.80 | 8378.20  | 16974.14 | 38818.74 | 31087.74  | 3.69     | 1074.4(192.0) |
| 14     | S   | 16976.40 | 10523.90 | 5192.40  | 16976.28 | 52289.08 | 25797.85  | 4.97     | 1074.4(192.0) |
| 15     | S   | 19221.20 | 17304.30 | 6821.40  | 19220.96 | 59185.01 | 23361.50  | 3.42     | 1074.4(192.0) |
| 16     | S   | 19603.90 | 24577.60 | 7911.50  | 19603.79 | 64733.46 | 20937.99  | 2.64     | 1074.4(192.0) |

|    |   |          |           |          |          |           |           |      |               |
|----|---|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------|---------------|
| 17 | S | 19167.80 | 18208.60  | -7219.40 | 19167.75 | 59004.18  | -23428.77 | 3.24 | 1074.4(192.0) |
| 18 | S | 19235.50 | 16623.40  | 9066.70  | 19235.53 | 50155.25  | 27252.22  | 3.01 | 1074.4(192.0) |
| 19 | S | 16631.40 | -12051.20 | -4867.80 | 16631.61 | -57445.79 | -23475.49 | 4.77 | 1074.4(192.0) |
| 20 | S | 22223.90 | -2897.30  | -4939.30 | 22223.94 | -22203.18 | -37538.84 | 7.62 | 1074.4(192.0) |
| 21 | S | 20949.60 | 561.30    | -4864.00 | 20949.60 | 4564.05   | -39731.69 | 8.17 | 1074.4(192.0) |
| 22 | S | 20939.50 | -22706.00 | -4872.20 | 20939.55 | -74881.04 | -16258.41 | 3.30 | 1074.4(192.0) |
| 23 | S | 16930.70 | -11597.70 | -3190.30 | 16930.48 | -68288.22 | -18535.64 | 5.88 | 1074.4(192.0) |
| 24 | S | 16933.00 | -11611.70 | -6376.00 | 16933.11 | -49202.05 | -27078.04 | 4.24 | 1074.4(192.0) |
| 25 | S | 19179.10 | -16479.30 | -4760.80 | 19178.96 | -67673.57 | -19450.61 | 4.10 | 1074.4(192.0) |
| 26 | S | 19560.10 | -24681.00 | -4344.90 | 19560.29 | -78712.78 | -13724.26 | 3.19 | 1074.4(192.0) |
| 27 | S | 16672.20 | -13128.10 | 5689.40  | 16672.42 | -55806.28 | 24203.67  | 4.25 | 1074.4(192.0) |
| 28 | S | 22264.70 | -3974.30  | 5617.90  | 22264.77 | -26019.20 | 36534.07  | 6.52 | 1074.4(192.0) |
| 29 | S | 20990.40 | -515.60   | 5693.20  | 20990.41 | -3481.45  | 39815.22  | 6.99 | 1074.4(192.0) |
| 30 | S | 20980.30 | -23783.00 | 5685.00  | 20980.55 | -72532.98 | 17495.60  | 3.05 | 1074.4(192.0) |
| 31 | S | 16971.50 | -12674.70 | 7366.90  | 16971.36 | -47545.31 | 27761.30  | 3.76 | 1074.4(192.0) |
| 32 | S | 16973.80 | -12688.60 | 4181.20  | 16974.02 | -62945.22 | 21081.03  | 4.97 | 1074.4(192.0) |
| 33 | S | 19219.90 | -17556.30 | 5796.40  | 19219.83 | -64050.08 | 21160.82  | 3.65 | 1074.4(192.0) |
| 34 | S | 19600.90 | -25757.90 | 6212.30  | 19600.62 | -71636.38 | 17594.89  | 2.78 | 1074.4(192.0) |
| 35 | S | 19166.50 | -16652.00 | -8244.50 | 19166.69 | -52858.35 | -26107.65 | 3.17 | 1074.4(192.0) |
| 36 | S | 19234.20 | -18237.20 | 8041.70  | 19234.16 | -55769.87 | 24868.43  | 3.06 | 1074.4(192.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
|        | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00328 | -92.8  | 192.8  | -0.00453 | 92.8   | -192.8 |
| 2      | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00330 | -92.8  | 192.8  | -0.00454 | 92.8   | -192.8 |
| 3      | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00330 | -92.8  | 192.8  | -0.00479 | 92.8   | -192.8 |
| 4      | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00318 | -92.8  | 192.8  | -0.00530 | 92.8   | -192.8 |
| 5      | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00329 | -92.8  | 192.8  | -0.00506 | 92.8   | -192.8 |
| 6      | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00327 | -92.8  | 192.8  | -0.00440 | 92.8   | -192.8 |
| 7      | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00329 | -92.8  | 192.8  | -0.00475 | 92.8   | -192.8 |
| 8      | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00329 | -92.8  | 192.8  | -0.00554 | 92.8   | -192.8 |
| 9      | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00326 | 92.8   | 192.8  | -0.00443 | -92.8  | -192.8 |
| 10     | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00329 | 92.8   | 192.8  | -0.00412 | -92.8  | -192.8 |
| 11     | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00329 | 92.8   | 192.8  | -0.00430 | -92.8  | -192.8 |
| 12     | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00317 | 92.8   | -192.8 | -0.00543 | -92.8  | 192.8  |
| 13     | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00326 | 92.8   | 192.8  | -0.00445 | -92.8  | -192.8 |
| 14     | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00327 | 92.8   | 192.8  | -0.00439 | -92.8  | -192.8 |
| 15     | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00328 | 92.8   | 192.8  | -0.00428 | -92.8  | -192.8 |
| 16     | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00329 | 92.8   | 192.8  | -0.00435 | -92.8  | -192.8 |
| 17     | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00328 | -92.8  | 192.8  | -0.00428 | 92.8   | -192.8 |
| 18     | 0.00350 | 100.0  | 200.0  | 0.00327 | 92.8   | 192.8  | -0.00424 | -92.8  | -192.8 |
| 19     | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00328 | -92.8  | -192.8 | -0.00445 | 92.8   | 192.8  |
| 20     | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00324 | -92.8  | -192.8 | -0.00441 | 92.8   | 192.8  |
| 21     | 0.00350 | -100.0 | 200.0  | 0.00318 | -92.8  | 192.8  | -0.00535 | 92.8   | -192.8 |
| 22     | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00329 | -92.8  | -192.8 | -0.00455 | 92.8   | 192.8  |
| 23     | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00328 | -92.8  | -192.8 | -0.00469 | 92.8   | 192.8  |

|    |         |        |        |         |       |        |          |       |       |
|----|---------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|-------|-------|
| 24 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00327 | -92.8 | -192.8 | -0.00439 | 92.8  | 192.8 |
| 25 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00329 | -92.8 | -192.8 | -0.00446 | 92.8  | 192.8 |
| 26 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00329 | -92.8 | -192.8 | -0.00487 | 92.8  | 192.8 |
| 27 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00327 | 92.8  | -192.8 | -0.00443 | -92.8 | 192.8 |
| 28 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00325 | 92.8  | -192.8 | -0.00431 | -92.8 | 192.8 |
| 29 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00317 | 92.8  | -192.8 | -0.00542 | -92.8 | 192.8 |
| 30 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00329 | 92.8  | -192.8 | -0.00446 | -92.8 | 192.8 |
| 31 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00327 | 92.8  | -192.8 | -0.00439 | -92.8 | 192.8 |
| 32 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00328 | 92.8  | -192.8 | -0.00453 | -92.8 | 192.8 |
| 33 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00329 | 92.8  | -192.8 | -0.00436 | -92.8 | 192.8 |
| 34 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00329 | 92.8  | -192.8 | -0.00456 | -92.8 | 192.8 |
| 35 | 0.00350 | -100.0 | -200.0 | 0.00328 | -92.8 | -192.8 | -0.00424 | 92.8  | 192.8 |
| 36 | 0.00350 | 100.0  | -200.0 | 0.00328 | 92.8  | -192.8 | -0.00425 | -92.8 | 192.8 |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a            | b            | c            | x/d | C.Rid. |
|--------|--------------|--------------|--------------|-----|--------|
| 1      | -0.000019913 | 0.000010672  | -0.000625623 | --- | ---    |
| 2      | -0.000015111 | 0.000013046  | -0.000620269 | --- | ---    |
| 3      | -0.000014227 | 0.000014125  | -0.000747669 | --- | ---    |
| 4      | -0.000042423 | 0.000001578  | -0.001057897 | --- | ---    |
| 5      | -0.000015184 | 0.000014346  | -0.000887483 | --- | ---    |
| 6      | -0.000022254 | 0.000009187  | -0.000562798 | --- | ---    |
| 7      | -0.000015698 | 0.000013295  | -0.000728708 | --- | ---    |
| 8      | -0.000011299 | 0.000017474  | -0.001124730 | --- | ---    |
| 9      | 0.000025324  | 0.000007753  | -0.000583046 | --- | ---    |
| 10     | 0.000019115  | 0.000010025  | -0.000416499 | --- | ---    |
| 11     | 0.000018059  | 0.000011004  | -0.000506732 | --- | ---    |
| 12     | 0.000044187  | -0.000001044 | -0.001127569 | --- | ---    |
| 13     | 0.000026716  | 0.000007134  | -0.000598339 | --- | ---    |
| 14     | 0.000022815  | 0.000008881  | -0.000557796 | --- | ---    |
| 15     | 0.000020610  | 0.000009686  | -0.000498273 | --- | ---    |
| 16     | 0.000018944  | 0.000010677  | -0.000529829 | --- | ---    |
| 17     | -0.000020666 | 0.000009663  | -0.000499273 | --- | ---    |
| 18     | 0.000023164  | 0.000008324  | -0.000481170 | --- | ---    |
| 19     | -0.000021296 | -0.000009792 | -0.000587923 | --- | ---    |
| 20     | -0.000031482 | -0.000004681 | -0.000584477 | --- | ---    |
| 21     | -0.000043159 | 0.000001357  | -0.001087385 | --- | ---    |
| 22     | -0.000015924 | -0.000012673 | -0.000627113 | --- | ---    |
| 23     | -0.000017855 | -0.000012098 | -0.000705013 | --- | ---    |
| 24     | -0.000023707 | -0.000008443 | -0.000559387 | --- | ---    |
| 25     | -0.000018063 | -0.000011402 | -0.000586640 | --- | ---    |
| 26     | -0.000014626 | -0.000014132 | -0.000789012 | --- | ---    |
| 27     | 0.000021794  | -0.000009494 | -0.000578193 | --- | ---    |
| 28     | 0.000029948  | -0.000005186 | -0.000532012 | --- | ---    |
| 29     | 0.000044125  | -0.000001061 | -0.001124752 | --- | ---    |
| 30     | 0.000016622  | -0.000012102 | -0.000582497 | --- | ---    |
| 31     | 0.000024176  | -0.000008217 | -0.000560892 | --- | ---    |
| 32     | 0.000019550  | -0.000010842 | -0.000623409 | --- | ---    |
| 33     | 0.000019160  | -0.000010611 | -0.000538200 | --- | ---    |
| 34     | 0.000016868  | -0.000012228 | -0.000632442 | --- | ---    |
| 35     | -0.000022430 | -0.000008696 | -0.000482138 | --- | ---    |

36 0.000021600 -0.000009121 -0.000484073 --- ---

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 3.88   | -100.0 | 200.0  | -11.7  | 92.8   | -192.8 | 643     | 14.1    |
| 2      | S   | 5.62   | -100.0 | 200.0  | -22.9  | 92.8   | -192.8 | 1043    | 35.3    |
| 3      | S   | 6.14   | -100.0 | 200.0  | -36.9  | 92.8   | -192.8 | 1845    | 56.5    |
| 4      | S   | 3.13   | -100.0 | -200.0 | 11.5   | 92.8   | 192.8  | ---     | ---     |
| 5      | S   | 3.33   | -100.0 | 200.0  | -2.7   | 92.8   | -192.8 | 109     | 7.1     |
| 6      | S   | 4.60   | -100.0 | 200.0  | -22.2  | 92.8   | -192.8 | 1247    | 42.4    |
| 7      | S   | 5.09   | -100.0 | 200.0  | -23.9  | 92.8   | -192.8 | 1241    | 42.4    |
| 8      | S   | 5.81   | -100.0 | 200.0  | -38.1  | 92.8   | -192.8 | 2415    | 70.7    |
| 9      | S   | 5.01   | 100.0  | 200.0  | -29.5  | -92.8  | -192.8 | 1734    | 56.5    |
| 10     | S   | 6.71   | 100.0  | 200.0  | -40.4  | -92.8  | -192.8 | 1624    | 56.5    |
| 11     | S   | 7.34   | 100.0  | 200.0  | -56.6  | -92.8  | -192.8 | 2269    | 70.7    |
| 12     | S   | 4.26   | 100.0  | -200.0 | -4.3   | -92.8  | 192.8  | 195     | 7.1     |
| 13     | S   | 5.88   | 100.0  | 200.0  | -43.7  | -92.8  | -192.8 | 2278    | 84.8    |
| 14     | S   | 4.43   | 100.0  | 200.0  | -19.3  | -92.8  | -192.8 | 1104    | 28.3    |
| 15     | S   | 6.37   | 100.0  | 200.0  | -44.9  | -92.8  | -192.8 | 2040    | 70.7    |
| 16     | S   | 8.07   | 100.0  | 200.0  | -75.5  | -92.8  | -192.8 | 2813    | 84.8    |
| 17     | S   | 6.48   | -100.0 | 200.0  | -47.1  | 92.8   | -192.8 | 2113    | 70.7    |
| 18     | S   | 7.22   | 100.0  | 200.0  | -59.4  | -92.8  | -192.8 | 2477    | 84.8    |
| 19     | S   | 4.10   | -100.0 | -200.0 | -16.6  | 92.8   | 192.8  | 1002    | 28.3    |
| 20     | S   | 3.43   | -100.0 | -200.0 | 9.4    | 92.8   | 192.8  | ---     | ---     |
| 21     | S   | 3.66   | -100.0 | 200.0  | 2.5    | 92.8   | -192.8 | ---     | ---     |
| 22     | S   | 6.03   | -100.0 | -200.0 | -35.9  | 92.8   | 192.8  | 1688    | 49.5    |
| 23     | S   | 3.38   | -100.0 | -200.0 | -4.8   | 92.8   | 192.8  | 218     | 7.1     |
| 24     | S   | 4.69   | -100.0 | -200.0 | -25.2  | 92.8   | 192.8  | 1540    | 49.5    |
| 25     | S   | 4.87   | -100.0 | -200.0 | -21.4  | 92.8   | 192.8  | 1038    | 28.3    |
| 26     | S   | 5.76   | -100.0 | -200.0 | -37.8  | 92.8   | 192.8  | 1966    | 63.6    |
| 27     | S   | 4.84   | 100.0  | -200.0 | -28.6  | -92.8  | 192.8  | 1693    | 63.6    |
| 28     | S   | 3.94   | 100.0  | -200.0 | 2.3    | -92.8  | 192.8  | ---     | ---     |
| 29     | S   | 3.99   | 100.0  | 200.0  | -1.9   | -92.8  | -192.8 | 220     | 7.1     |
| 30     | S   | 6.82   | 100.0  | -200.0 | -49.5  | -92.8  | 192.8  | 2069    | 63.6    |
| 31     | S   | 5.55   | 100.0  | -200.0 | -39.6  | -92.8  | 192.8  | 2175    | 84.8    |
| 32     | S   | 4.13   | 100.0  | -200.0 | -16.1  | -92.8  | 192.8  | 869     | 21.2    |
| 33     | S   | 5.72   | 100.0  | -200.0 | -35.4  | -92.8  | 192.8  | 1731    | 63.6    |
| 34     | S   | 7.07   | 100.0  | -200.0 | -60.7  | -92.8  | 192.8  | 2587    | 84.8    |
| 35     | S   | 6.31   | -100.0 | -200.0 | -45.4  | 92.8   | 192.8  | 2101    | 77.8    |
| 36     | S   | 6.78   | 100.0  | -200.0 | -53.6  | -92.8  | 192.8  | 2371    | 84.8    |

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1 Esito della verifica  
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

|             |  |
|-------------|--|
| kt          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  |
| k2          | = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]   |
| k3          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| k4          | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Ø           | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]   |
| Cf          | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]<br>Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max      | Massima distanza tra le fessure [mm]   |
| wk          | Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  |
| Mx fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  |
| My fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]  |

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf   | e sm - e cm       | sr max              | wk        | Mx fess   | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|------|-------------------|---------------------|-----------|-----------|---------|
| 1     | S   | -0.00007 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00003 (0.00003) | 426 0.014 (990.00)  | 28273.80  | -9864.68  |         |
| 2     | S   | -0.00012 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00007 (0.00007) | 344 0.022 (990.00)  | 31632.56  | -5868.61  |         |
| 3     | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00011 (0.00011) | 360 0.038 (990.00)  | 27380.23  | -4209.86  |         |
| 4     | S   | 0.00000  | 0.00000 | ----  | ---- | ---- | ----              | ---- 0.000 (990.00) | 0.00      | 0.00      |         |
| 5     | S   | -0.00002 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 272 0.002 (990.00)  | 89477.07  | -15440.40 |         |
| 6     | S   | -0.00012 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00006 (0.00006) | 344 0.022 (990.00)  | 17792.04  | -8526.25  |         |
| 7     | S   | -0.00013 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00007 (0.00007) | 343 0.023 (990.00)  | 28538.29  | -5571.02  |         |
| 8     | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00011 (0.00011) | 368 0.040 (990.00)  | 30386.80  | -3046.86  |         |
| 9     | S   | -0.00016 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00008 (0.00008) | 350 0.030 (990.00)  | 12086.93  | 8769.25   |         |
| 10    | S   | -0.00021 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00012 (0.00012) | 340 0.039 (990.00)  | 18654.90  | 6604.76   |         |
| 11    | S   | -0.00029 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00016 (0.00016) | 357 0.058 (990.00)  | 17778.44  | 5345.34   |         |
| 12    | S   | -0.00003 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 334 0.004 (990.00)  | -9224.75  | 34314.43  |         |
| 13    | S   | -0.00023 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00012 (0.00012) | 331 0.041 (990.00)  | 9411.27   | 8182.55   |         |
| 14    | S   | -0.00010 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00006 (0.00006) | 393 0.022 (990.00)  | 17787.20  | 9431.53   |         |
| 15    | S   | -0.00023 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00013 (0.00013) | 341 0.044 (990.00)  | 15773.67  | 6441.85   |         |
| 16    | S   | -0.00039 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00022 (0.00022) | 363 0.078 (990.00)  | 15208.43  | 5085.23   |         |
| 17    | S   | -0.00024 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00013 (0.00013) | 346 0.047 (990.00)  | 16111.16  | -6159.88  |         |
| 18    | S   | -0.00031 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00017 (0.00017) | 343 0.058 (990.00)  | 12040.05  | 6696.56   |         |
| 19    | S   | -0.00009 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00005 (0.00005) | 374 0.018 (990.00)  | -20091.19 | -9361.68  |         |
| 20    | S   | 0.00000  | 0.00000 | ----  | ---- | ---- | ----              | ---- 0.000 (990.00) | 0.00      | 0.00      |         |
| 21    | S   | 0.00000  | 0.00000 | ----  | ---- | ---- | ----              | ---- 0.000 (990.00) | 0.00      | 0.00      |         |
| 22    | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00010 (0.00010) | 368 0.038 (990.00)  | -23892.24 | -5180.07  |         |
| 23    | S   | -0.00003 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 351 0.005 (990.00)  | -49454.00 | -14803.88 |         |
| 24    | S   | -0.00013 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00007 (0.00007) | 353 0.025 (990.00)  | -13616.07 | -8990.42  |         |
| 25    | S   | -0.00011 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00006 (0.00006) | 381 0.023 (990.00)  | -24081.08 | -7400.96  |         |
| 26    | S   | -0.00020 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00011 (0.00011) | 351 0.038 (990.00)  | -24026.06 | -4549.13  |         |
| 27    | S   | -0.00015 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00008 (0.00008) | 329 0.027 (990.00)  | -14562.60 | 7966.03   |         |
| 28    | S   | 0.00000  | 0.00000 | ----  | ---- | ---- | ----              | ---- 0.000 (990.00) | 0.00      | 0.00      |         |
| 29    | S   | -0.00002 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 352 0.002 (990.00)  | 19782.11  | 48088.34  |         |
| 30    | S   | -0.00026 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00014 (0.00014) | 360 0.051 (990.00)  | -19427.84 | 5218.28   |         |
| 31    | S   | -0.00021 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00011 (0.00011) | 325 0.037 (990.00)  | -10720.21 | 7961.77   |         |
| 32    | S   | -0.00009 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00005 (0.00005) | 403 0.019 (990.00)  | -21909.14 | 9166.25   |         |
| 33    | S   | -0.00018 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00010 (0.00010) | 333 0.034 (990.00)  | -17403.32 | 6783.01   |         |
| 34    | S   | -0.00031 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00017 (0.00017) | 349 0.061 (990.00)  | -17049.11 | 4992.86   |         |
| 35    | S   | -0.00024 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00013 (0.00013) | 332 0.043 (990.00)  | -13340.47 | -7055.24  |         |
| 36    | S   | -0.00028 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00015 (0.00015) | 336 0.051 (990.00)  | -13073.43 | 6593.29   |         |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.85   | -100.0 | -200.0 | 3.3    | 92.8   | 192.8  | ----    | ----    |
| 2      | S   | 3.65   | -100.0 | 200.0  | -0.4   | 92.8   | -192.8 | 181     | 7.1     |
| 3      | S   | 3.77   | -100.0 | 200.0  | -4.0   | 92.8   | -192.8 | 162     | 7.1     |

|    |   |      |        |        |      |       |        |     |     |
|----|---|------|--------|--------|------|-------|--------|-----|-----|
| 4  | S | 3.68 | -100.0 | -200.0 | -2.6 | 92.8  | 192.8  | 167 | 7.1 |
| 5  | S | 3.10 | 100.0  | -200.0 | -0.2 | -92.8 | 192.8  | 203 | 7.1 |
| 6  | S | 3.67 | 100.0  | 200.0  | -0.6 | -92.8 | -192.8 | 185 | 7.1 |
| 7  | S | 3.83 | 100.0  | 200.0  | -4.6 | -92.8 | -192.8 | 189 | 7.1 |
| 8  | S | 3.96 | 100.0  | -200.0 | -6.6 | -92.8 | 192.8  | 256 | 7.1 |
| 9  | S | 3.15 | -100.0 | 200.0  | -0.2 | 92.8  | -192.8 | 197 | 7.1 |
| 10 | S | 3.28 | 100.0  | -200.0 | -1.9 | -92.8 | 192.8  | 204 | 7.1 |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf   | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess   | My fess   |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|------|-------------------|--------|--------------|-----------|-----------|
| 1     | S   | 0.00000  | 0.00000 | ----  | ---- | ---- | ----              | ----   | 0.000 (0.30) | 0.00      | 0.00      |
| 2     | S   | -0.00001 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00000 (0.00000) | 324    | 0.000 (0.30) | 71507.61  | -63980.38 |
| 3     | S   | -0.00003 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 311    | 0.004 (0.30) | 37352.12  | -24568.15 |
| 4     | S   | -0.00002 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 314    | 0.002 (0.30) | -42604.47 | -32262.71 |
| 5     | S   | -0.00001 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00000 (0.00000) | 340    | 0.000 (0.30) | -18244.86 | 81312.10  |
| 6     | S   | -0.00001 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00000 (0.00000) | 327    | 0.001 (0.30) | 51605.18  | 63049.13  |
| 7     | S   | -0.00003 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 330    | 0.004 (0.30) | 28444.37  | 24484.22  |
| 8     | S   | -0.00004 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00002 (0.00002) | 378    | 0.007 (0.30) | -26626.29 | 19065.28  |
| 9     | S   | -0.00001 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00000 (0.00000) | 336    | 0.000 (0.30) | 7932.84   | -87589.97 |
| 10    | S   | -0.00002 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 341    | 0.002 (0.30) | -5661.39  | 48050.24  |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.89   | -100.0 | 200.0  | 3.6    | 92.8   | -192.8 | ----    | ----    |
| 2      | S   | 3.10   | 100.0  | -200.0 | 0.7    | -92.8  | 192.8  | 0       | 0.0     |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

| Comb. | Ver | e1      | e2      | k2    | Ø    | Cf   | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess   | My fess   |
|-------|-----|---------|---------|-------|------|------|-------------------|--------|--------------|-----------|-----------|
| 1     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ----  | ---- | ---- | ----              | ----   | 0.000 (0.20) | 0.00      | 0.00      |
| 2     | S   | 0.00000 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 57   | 0.00001 (0.00001) | 0      | 0.002 (0.20) | -19001.67 | 158556.06 |

### 7.3 VERIFICA DELL'ARMATURA A TAGLIO ALLA BASE

L'armatura a taglio è uguale su tutte le pile ed è costituita da staffe  $\Phi 12/200$ .

Si riporta di seguito la verifica alla base per la pila soggetta al massimo taglio longitudinale e la verifica per la pila soggetta al massimo taglio trasversale:

$$V_{\text{long,max}} = 1830 \text{ kN} \quad (\text{pila 2, combinazione SLV}_{16})$$

$$V_{\text{trasm,max}} = 1637 \text{ kN} \quad (\text{pila 6, combinazione SLV}_{32})$$

Nella tabella seguente si riporta il massimo taglio di progetto (SLU-SLV) su ogni pila nelle due direzioni principali.

|          | V long<br>[kN] | V trasv<br>[kN] |
|----------|----------------|-----------------|
| Pila P1  | 1819           | 1240            |
| Pila P2  | 1830           | 1266            |
| Pila P3  | 1548           | 1124            |
| Pila P4  | 1421           | 1206            |
| Pila P5  | 1488           | 1510            |
| Pila P6  | 1387           | 1637            |
| Pila P7  | 1467           | 1636            |
| Pila P8  | 1548           | 1584            |
| Pila P9  | 1636           | 1456            |
| Pila P10 | 1705           | 982             |
| Pila P11 | 1586           | 829             |

**Tabella 76 – Massimi tagli di progetto agenti sulle pile**

Per la lista completa delle combinazioni si rimanda al capitolo 5.

Le sollecitazioni elementari sono riportate al §6.3.2.

## VERIFICA PER TAGLIO LONGITUDINALE

### Sollecitazioni

|          |      |     |                        |
|----------|------|-----|------------------------|
| $V_{Ed}$ | [kN] | 915 | Taglio di progetto SLU |
|----------|------|-----|------------------------|

### Materiali

|          |       |       |  |
|----------|-------|-------|--|
| $f_{ck}$ | [Mpa] | 32.0  | Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo  |
| $f_{cd}$ | [MPa] | 18.1  | Resistenza di progetto del calcestruzzo                |
| $f_{yk}$ | [MPa] | 450.0 | Resistenza caratteristica a snervamento delle armature |
| $f_{yd}$ | [MPa] | 391.3 | Resistenza di progetto delle armature                  |

### Geometria e armature della sezione

|             |                    |       |  |
|-------------|--------------------|-------|--|
| h           | [mm]               | 2000  | Altezza della sezione                    |
| b           | [mm]               | 1000  | Larghezza della sezione                  |
| $n_{sw}$    | [ - ]              | 2     | Numero di bracci delle armature a taglio |
| $\Phi_{sw}$ | [mm]               | 12    | Diametro delle armature a taglio         |
| s           | [mm]               | 200   | Passo delle armature a taglio            |
| $A_{sw}$    | [mm <sup>2</sup> ] | 226.2 | Area dell'armatura trasversale           |
| $\alpha$    | [ ° ]              | 90    | Inclinazione delle armature a taglio     |

### Verifica SLU a taglio per elementi con armatura trasversale (§4.1.2.3.5.2 NTC 2018)

|             |       |       |  |
|-------------|-------|-------|--|
| d           | [mm]  | 2000  | Altezza utile della trave                    |
| $\vartheta$ | [ ° ] | 22.00 | Inclinazione dei correnti compressi          |
| $V_{Rsd}$   | [kN]  | 1972  | Taglio resistente: rottura lato acciaio      |
| $V_{Rcd}$   | [kN]  | 5668  | Taglio resistente: rottura lato calcestruzzo |
| $V_{Rd}$    | [kN]  | 1972  | Taglio resistente di progetto                |
| c.sic.      | [ - ] | 2.15  | Coefficiente di sicurezza                    |



## VERIFICA PER TAGLIO TRASVERSALE

### Sollecitazioni

|          |      |      |                        |
|----------|------|------|------------------------|
| $V_{Ed}$ | [kN] | 1637 | Taglio di progetto SLU |
|----------|------|------|------------------------|

### Materiali

|          |       |       |  |
|----------|-------|-------|--|
| $f_{ck}$ | [Mpa] | 32.0  | Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo  |
| $f_{cd}$ | [MPa] | 18.1  | Resistenza di progetto del calcestruzzo                |
| $f_{yk}$ | [MPa] | 450.0 | Resistenza caratteristica a snervamento delle armature |
| $f_{yd}$ | [MPa] | 391.3 | Resistenza di progetto delle armature                  |

### Geometria e armature della sezione

|             |                    |       |  |
|-------------|--------------------|-------|--|
| $h$         | [mm]               | 6000  | Altezza della sezione                    |
| $b$         | [mm]               | 1000  | Larghezza della sezione                  |
| $n_{sw}$    | [ - ]              | 2     | Numero di bracci delle armature a taglio |
| $\Phi_{sw}$ | [mm]               | 12    | Diametro delle armature a taglio         |
| $s$         | [mm]               | 200   | Passo delle armature a taglio            |
| $A_{sw}$    | [mm <sup>2</sup> ] | 226.2 | Area dell'armatura trasversale           |
| $\alpha$    | [ ° ]              | 90    | Inclinazione delle armature a taglio     |

### Verifica SLU a taglio per elementi con armatura trasversale (§4.1.2.3.5.2 NTC 2018)

|             |       |       |  |
|-------------|-------|-------|--|
| $d$         | [mm]  | 6000  | Altezza utile della trave                    |
| $\vartheta$ | [ ° ] | 22.00 | Inclinazione dei correnti compressi          |
| $V_{Rsd}$   | [kN]  | 5915  | Taglio resistente: rottura lato acciaio      |
| $V_{Rcd}$   | [kN]  | 17005 | Taglio resistente: rottura lato calcestruzzo |
| $V_{Rd}$    | [kN]  | 5915  | Taglio resistente di progetto                |
| c.sic.      | [ - ] | 3.61  | Coefficiente di sicurezza                    |

## 7.4 VERIFICA DELLA PILA P3

Le verifiche si estendono anche alla pila P11.

Le pile 3 e 11 non sono vere e proprie pile, piuttosto si ha una platea sulla quale poggiano direttamente i baggioli. La platea ha dimensioni 6.00 x 9.60 m, un'altezza di 2 m e poggia su 6 pali  $\Phi$  1200. Le coordinate dei pali, rispetto al baricentro del plinto di fondazione, sono riportate di seguito; il sistema di riferimento adottato fa riferimento alle seguenti direzioni:

- X: Direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto
- Y: Direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

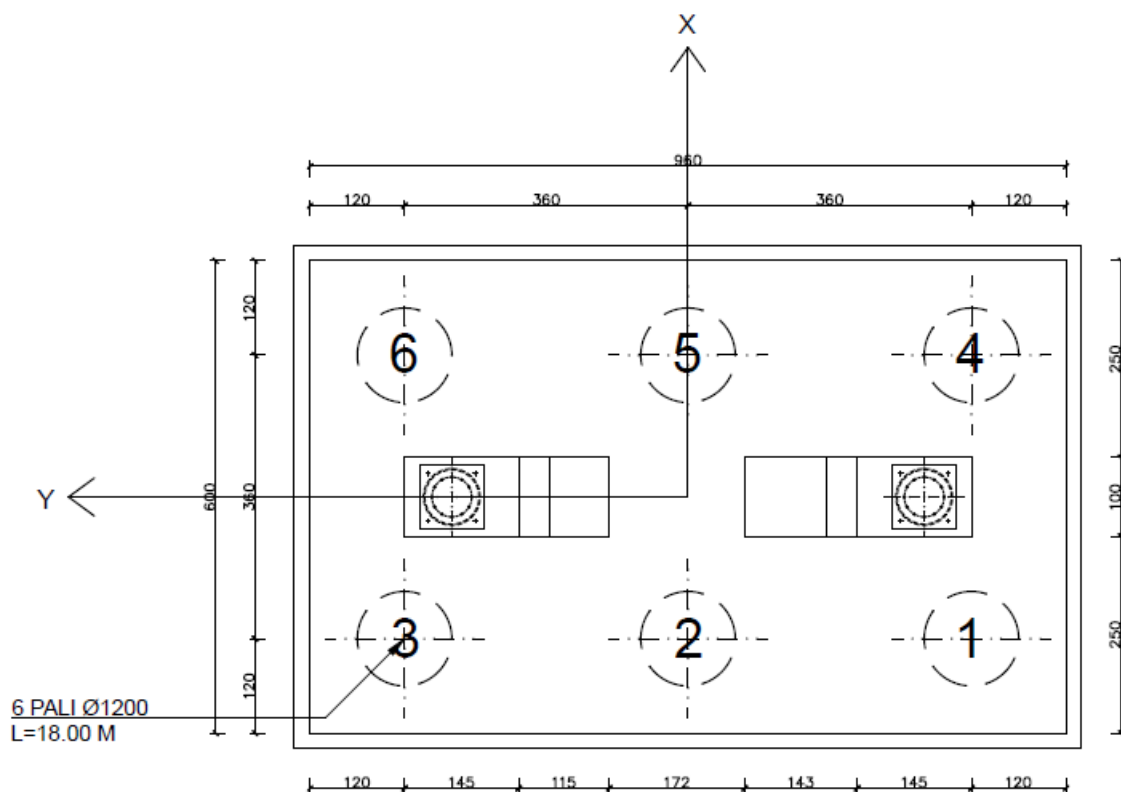


Figura 85 – Numerazione pali del plinto di fondazione delle pile

| Palo  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5    | 6    |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| x (m) | -1.80 | -1.80 | -1.80 | 1.80  | 1.80 | 1.80 |
| y (m) | -3.60 | 0.00  | 3.60  | -3.60 | 0.00 | 3.60 |

#### 7.4.1 Sollecitazioni agenti

Per le combinazioni di carico, sia statiche che sismiche, le sollecitazioni ad intradosso platea sono state ottenute a partire dagli scarichi degli impalcati in corrispondenza degli apparecchi d'appoggio, tenendo conto del peso della platea e dell'eccentricità tra la sezione di spiccato e quella di intradosso della platea (spessore della pila tozza).

Alle sole sollecitazioni sismiche di progetto per il calcolo della platea, va sommata la forza di inerzia della platea stessa, sottoposta all'accelerazione al suolo, considerando un moto rigido solidale a quello del terreno.

Di seguito sono sintetizzate le sollecitazioni ad intradosso platea ricavate per le combinazioni ritenute significative, ovvero quelle che massimizzano e minimizzano gli sforzi assiali, i tagli e i momenti flettenti.

Si riportano esclusivamente le sollecitazioni della pila P3, in quanto maggiormente gravose.

#### Platea della pila P3

|                |       |                                 |  |
|----------------|-------|---------------------------------|--|
| L long         | 6     | m                               | <i>Larghezza in direzione longitudinale</i>    |
| L trasv        | 9.6   | m                               | <i>Larghezza in direzione trasversale</i>      |
| h              | 2     | m                               | <i>Altezza plinto</i>                          |
| V              | 115.2 | m <sup>3</sup>                  | <i>Volume</i>                                  |
| $\gamma_{cls}$ | 25    | kN/m <sup>3</sup>               | <i>Densità cls</i>                             |
| P              | 2880  | kN                              | <i>Peso plinto</i>                             |
| kh             | 0.265 |                                 | <i>Coeff. Sismico orizzontale</i>              |
| 0.132          |       | <i>Coeff. Sismico verticale</i> |  |
| Inerzia h      | 762.7 | kN                              | <i>Forza di inerzia orizzontale fondazione</i> |
| Inerzia v      | 381.3 | kN                              | <i>Forza di inerzia verticale fondazione</i>   |

| Stato limite | SLV   |   |  |
|--------------|-------|---|--|
| ag           | 0.225 | g | acc. orizz. massima attesa su sito di rif rigido             |
| Cat. Sott.   | B     |   | categoria del sottosuolo                                     |
| F0           | 2.483 |   | fattore per l'amplif. spettrale mass su sito di rif rigido   |
| Ss           | 1.177 |   | coeff per l'effetto dell'amplif stratigrafica                |
| St           | 1     |   | coeff per l'effetto dell'amplif topografica                  |
| bm           | 1     |   | coeff di riduzione dell'acc max attesa al sito               |
| $\psi$       | 90    | ° | ang. di incl. rispetto all'orizz del param. del muro         |
| $\beta$      | 0     | ° | ang. di incl. rispetto all'orizz della superf del terrapieno |
| $\beta_m$    | 1     |   |  |
| kh           | 0.265 |   | Coeff sismico orizzontale                                    |
| kv           | 0.132 |   | Coeff sismico verticale                                      |

|        |        | SLU  |        |         |         |          |         |       |
|--------|--------|------|--------|---------|---------|----------|---------|-------|
|        |        | COMB | Fx     | Fy      | Fz      | Mx       | My      | Mz    |
|        |        |      | [kN]   | [kN]    | [kN]    | [kNm]    | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max | SLU_35 |      | 733.2  | -401.9  | 18796.5 | -7838.4  | 1416.7  | -14.0 |
| Fy_max | SLU_8  |      | 324.0  | 1025.4  | 19240.8 | 15146.8  | 667.5   | -7.3  |
| Fz_max | SLU_2  |      | 364.3  | 667.1   | 21979.5 | 14559.4  | 752.4   | -10.3 |
| Mx_max | SLU_3  |      | 362.3  | 675.1   | 20709.0 | 18039.3  | 743.7   | -8.1  |
| My_max | SLU_35 |      | 733.2  | -401.9  | 18796.5 | -7838.4  | 1416.7  | -14.0 |
| Mz_max | SLU_18 |      | -850.9 | 367.8   | 18796.1 | 8523.1   | -1793.4 | 12.4  |
| Fx_min | SLU_18 |      | -850.9 | 367.8   | 18796.1 | 8523.1   | -1793.4 | 12.4  |
| Fy_min | SLU_34 |      | -428.6 | -1062.0 | 19155.2 | -13623.0 | -1107.1 | 5.6   |
| Fz_min | SLU_27 |      | -464.3 | -689.1  | 16132.1 | -6284.5  | -1101.3 | 2.1   |
| Mx_min | SLU_30 |      | -467.4 | -703.1  | 20595.0 | -17075.6 | -1093.6 | 6.3   |
| My_min | SLU_18 |      | -850.9 | 367.8   | 18796.1 | 8523.1   | -1793.4 | 12.4  |
| Mz_min | SLU_24 |      | 346.6  | -461.8  | 16493.0 | -3017.0  | 598.4   | -14.9 |

|        |        | SLV  |        |        |         |        |        |       |
|--------|--------|------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|
|        |        | COMB | Fx     | Fy     | Fz      | Mx     | My     | Mz    |
|        |        |      | [kN]   | [kN]   | [kN]    | [kNm]  | [kNm]  | [kNm] |
| Fx_max | SLV_1  |      | 1714.2 | 627.4  | 12213.4 | 3226.2 | 4841.5 | 24.3  |
| Fy_max | SLV_17 |      | 822.9  | 1369.9 | 12215.0 | 7451.7 | 1834.2 | 58.0  |
| Fz_max | SLV_33 |      | 705.7  | 492.5  | 13171.2 | 2852.0 | 1790.9 | 16.4  |
| Mx_max | SLV_17 |      | 822.9  | 1369.9 | 12215.0 | 7451.7 | 1834.2 | 58.0  |

|        |        |         |         |         |         |         |       |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| My_max | SLV_1  | 1714.2  | 627.4   | 12213.4 | 3226.2  | 4841.5  | 24.3  |
| Mz_max | SLV_25 | 254.5   | 1232.9  | 12171.9 | 5664.1  | 642.4   | 67.5  |
| Fx_min | SLV_16 | -1841.4 | -656.9  | 11304.3 | -3681.5 | -5104.8 | -25.8 |
| Fy_min | SLV_32 | -950.1  | -1399.5 | 11302.7 | -7907.1 | -2097.5 | -59.5 |
| Fz_min | SLV_32 | -950.1  | -1399.5 | 11302.7 | -7907.1 | -2097.5 | -59.5 |
| Mx_min | SLV_32 | -950.1  | -1399.5 | 11302.7 | -7907.1 | -2097.5 | -59.5 |
| My_min | SLV_16 | -1841.4 | -656.9  | 11304.3 | -3681.5 | -5104.8 | -25.8 |
| Mz_min | SLV_24 | -381.7  | -1262.4 | 11345.8 | -6119.5 | -905.7  | -69.0 |

| SLE RARA |             |        |        |         |          |         |       |
|----------|-------------|--------|--------|---------|----------|---------|-------|
|          | COMB        | Fx     | Fy     | Fz      | Mx       | My      | Mz    |
|          |             | [kN]   | [kN]   | [kN]    | [kNm]    | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max   | SLE rara_35 | 484.3  | -266.7 | 13249.7 | -4369.0  | 941.4   | -9.4  |
| Fy_max   | SLE rara_8  | 215.1  | 684.1  | 13946.2 | 10565.3  | 442.7   | -4.9  |
| Fz_max   | SLE rara_2  | 242.6  | 445.9  | 16005.0 | 10366.0  | 500.6   | -7.1  |
| Mx_max   | SLE rara_3  | 241.2  | 451.8  | 15063.9 | 12943.7  | 494.1   | -5.4  |
| My_max   | SLE rara_35 | 484.3  | -266.7 | 13249.7 | -4369.0  | 941.4   | -9.4  |
| Mz_max   | SLE rara_18 | -594.4 | 239.2  | 13639.0 | 6002.1   | -1252.9 | 8.7   |
| Fx_min   | SLE rara_18 | -594.4 | 239.2  | 13639.0 | 6002.1   | -1252.9 | 8.7   |
| Fy_min   | SLE rara_34 | -318.9 | -712.1 | 13212.3 | -7520.9  | -797.5  | 4.1   |
| Fz_min   | SLE rara_27 | -339.6 | -464.5 | 11268.3 | -3115.9  | -791.3  | 1.5   |
| Mx_min   | SLE rara_30 | -341.9 | -474.9 | 14574.1 | -11109.2 | -785.6  | 4.6   |
| My_min   | SLE rara_18 | -594.4 | 239.2  | 13639.0 | 6002.1   | -1252.9 | 8.7   |
| Mz_min   | SLE rara_24 | 217.4  | -306.5 | 11543.0 | -753.6   | 376.1   | -10.4 |

| SLE FREQUENTE |             |        |       |         |         |        |       |
|---------------|-------------|--------|-------|---------|---------|--------|-------|
|               | COMB        | Fx     | Fy    | Fz      | Mx      | My     | Mz    |
|               |             | [kN]   | [kN]  | [kN]    | [kNm]   | [kNm]  | [kNm] |
| Fx_max        | SLE freq_9  | 264.4  | 64.2  | 11779.4 | 765.2   | 556.1  | -6.2  |
| Fy_max        | SLE freq_9  | 264.4  | 64.2  | 11779.4 | 765.2   | 556.1  | -6.2  |
| Fz_max        | SLE freq_2  | 224.3  | 58.6  | 13727.4 | 3959.8  | 468.4  | -6.0  |
| Mx_max        | SLE freq_3  | 223.2  | 60.8  | 13271.1 | 5161.9  | 464.6  | -4.7  |
| My_max        | SLE freq_9  | 264.4  | 64.2  | 11779.4 | 765.2   | 556.1  | -6.2  |
| Mz_max        | SLE freq_7  | -345.2 | -76.3 | 13228.0 | 3374.3  | -727.2 | 4.8   |
| Fx_min        | SLE freq_10 | -391.4 | -93.8 | 11738.4 | -1232.5 | -819.0 | 4.7   |
| Fy_min        | SLE freq_10 | -391.4 | -93.8 | 11738.4 | -1232.5 | -819.0 | 4.7   |

|        |             |        |       |         |         |        |      |
|--------|-------------|--------|-------|---------|---------|--------|------|
| Fz_min | SLE freq_5  | -342.9 | -84.3 | 11501.8 | -1498.1 | -716.9 | 1.8  |
| Mx_min | SLE freq_8  | -344.6 | -87.6 | 13212.9 | -5515.2 | -715.2 | 4.2  |
| My_min | SLE freq_10 | -391.4 | -93.8 | 11738.4 | -1232.5 | -819.0 | 4.7  |
| Mz_min | SLE freq_1  | 225.5  | 52.7  | 11544.9 | 289.5   | 474.9  | -7.6 |

| SLE QUASI PERMANENTE |          |        |       |         |         |        |       |
|----------------------|----------|--------|-------|---------|---------|--------|-------|
|                      | COMB     | Fx     | Fy    | Fz      | Mx      | My     | Mz    |
|                      |          | [kN]   | [kN]  | [kN]    | [kNm]   | [kNm]  | [kNm] |
| Fx_max               | SLE QP_1 | 220.6  | 53.7  | 11780.4 | 666.1   | 464.3  | -5.5  |
| Fy_max               | SLE QP_1 | 220.6  | 53.7  | 11780.4 | 666.1   | 464.3  | -5.5  |
| Fz_max               | SLE QP_1 | 220.6  | 53.7  | 11780.4 | 666.1   | 464.3  | -5.5  |
| Mx_max               | SLE QP_1 | 220.6  | 53.7  | 11780.4 | 666.1   | 464.3  | -5.5  |
| My_max               | SLE QP_1 | 220.6  | 53.7  | 11780.4 | 666.1   | 464.3  | -5.5  |
| Mz_max               | SLE QP_2 | -347.8 | -83.3 | 11737.3 | -1121.5 | -727.5 | 4.0   |
| Fx_min               | SLE QP_2 | -347.8 | -83.3 | 11737.3 | -1121.5 | -727.5 | 4.0   |
| Fy_min               | SLE QP_2 | -347.8 | -83.3 | 11737.3 | -1121.5 | -727.5 | 4.0   |
| Fz_min               | SLE QP_2 | -347.8 | -83.3 | 11737.3 | -1121.5 | -727.5 | 4.0   |
| Mx_min               | SLE QP_2 | -347.8 | -83.3 | 11737.3 | -1121.5 | -727.5 | 4.0   |
| My_min               | SLE QP_2 | -347.8 | -83.3 | 11737.3 | -1121.5 | -727.5 | 4.0   |
| Mz_min               | SLE QP_1 | 220.6  | 53.7  | 11780.4 | 666.1   | 464.3  | -5.5  |

Per ricavare le sollecitazioni assiali agenti nei pali di fondazione è stato considerato un modello di plinto rigido, in cui l'azione assiale nei pali viene valutata assumendo una rotazione rigida del plinto (palo impedito di ruotare in testa).

Lo sforzo normale sui pali è stato calcolato con la seguente relazione:

$$N_{Ed,palo} = N_{tot}/n_{pali} \pm M_{Ed,x} \cdot dy_i/dy_i^2 \pm M_{Ed,y} \cdot dx_i/dx_i^2$$

Il taglio è stato distribuito in maniera uniforme sui pali con la seguente relazione:

$$V_{Edx,palo} = V_{tot,x}/n_{pali}$$

$$V_{Edy,palo} = V_{tot,y}/n_{pali}$$

È stato poi calcolato il taglio risultante sul singolo palo:

$$V_{ris,palo} = \sqrt{V_{Edx}^2 + V_{Edy}^2}$$

Pali di fondazione platea P3

|         | Nmin<br>kN | Nmax<br>kN | Vris max<br>kN |
|---------|------------|------------|----------------|
| SLU/SLV | -4773      | -1140      | 326            |
| SLE_R   | -3455      | -1550      | 130            |
| SLE_F   | -2651      | -1747      | 67             |
| SLE_QP  | -2101      | -1811      | 60             |

| SLU/SLV  |         |         |         |         |         |              |            |        |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|------------|--------|
|          | N1 [kN] | N2 [kN] | N3 [kN] | N4 [kN] | N5 [kN] | N6 [kN]      | V ris [kN] | Comb   |
| N min    | -2130   | -3383   | -4635   | -2268   | -3520   | <b>-4773</b> | 128        | SLU_3  |
| N max    | -2627   | -2078   | -1529   | -2239   | -1690   | <b>-1140</b> | 282        | SLV_32 |
| Vris max | -2612   | -2357   | -2101   | -1667   | -1411   | -1156        | <b>326</b> | SLV_16 |

| SLE RARA |              |         |         |         |         |              |            |             |
|----------|--------------|---------|---------|---------|---------|--------------|------------|-------------|
|          | N1 [kN]      | N2 [kN] | N3 [kN] | N4 [kN] | N5 [kN] | N6 [kN]      | V ris [kN] | Comb        |
| N min    | -1566        | -2465   | -3364   | -1658   | -2556   | <b>-3455</b> | 85         | SLE rara_3  |
| N max    | <b>-1550</b> | -2283   | -3017   | -1632   | -2365   | -3099        | 120        | SLE rara_8  |
| Vris max | -2798        | -2276   | -1754   | -2650   | -2128   | -1606        | <b>130</b> | SLE rara_34 |

| SLE FREQUENTE |              |         |         |         |         |              |            |             |
|---------------|--------------|---------|---------|---------|---------|--------------|------------|-------------|
|               | N1 [kN]      | N2 [kN] | N3 [kN] | N4 [kN] | N5 [kN] | N6 [kN]      | V ris [kN] | Comb        |
| N min         | <b>-2651</b> | -2268   | -1885   | -2519   | -2136   | -1753        | 59         | SLE freq_8  |
| N max         | -2087        | -1983   | -1879   | -1955   | -1851   | <b>-1747</b> | 59         | SLE freq_5  |
| Vris max      | -2118        | -2032   | -1947   | -1966   | -1881   | -1795        | <b>67</b>  | SLE freq_10 |

| SLE QUASI PERMANENTE        |              |         |         |         |         |              |            |          |
|-----------------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|--------------|------------|----------|
|                             | N1 [kN]      | N2 [kN] | N3 [kN] | N4 [kN] | N5 [kN] | N6 [kN]      | V ris [kN] | Comb     |
| N min,<br>Nmax,<br>Vris max | <b>-2101</b> | -2024   | -1946   | -1967   | -1889   | <b>-1811</b> | <b>60</b>  | SLE qp_2 |

## 7.4.2 Verifiche strutturali della platea

### 7.4.2.1 Verifica con modelli tirante-puntone

Le armature longitudinali e trasversali superiori e inferiori della pila/platea P3 sono state dimensionate e verificate mediante degli opportuni modelli tirante-puntone. Tali modelli sono ritenuti idonei in quanto la pila in esame è un elemento tozzo.

La larghezza collaborante è stata considerata, in funzione della posizione del palo, pari all'interasse dei pali o pari alla somma di metà interasse e della distanza tra il palo ed il bordo del plinto.

#### Armatura longitudinale inferiore

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Diametro ferro $\varphi$ | 24  | mm |
| Passo s                  | 200 | mm |
| Numero di strati         | 3   |    |

#### Armatura trasversale inferiore

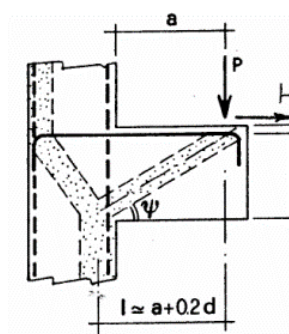
|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Diametro ferro $\varphi$ | 24  | mm |
| Passo s                  | 200 | mm |
| Numero di strati         | 2   |    |

#### Armatura longitudinale superiore

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Diametro ferro $\varphi$ | 24  | mm |
| Passo s                  | 200 | mm |
| Numero di strati         | 2   |    |

#### Armatura trasversale superiore

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Diametro ferro $\varphi$ | 24  | mm |
| Passo s                  | 200 | mm |
| Numero di strati         | 2   |    |



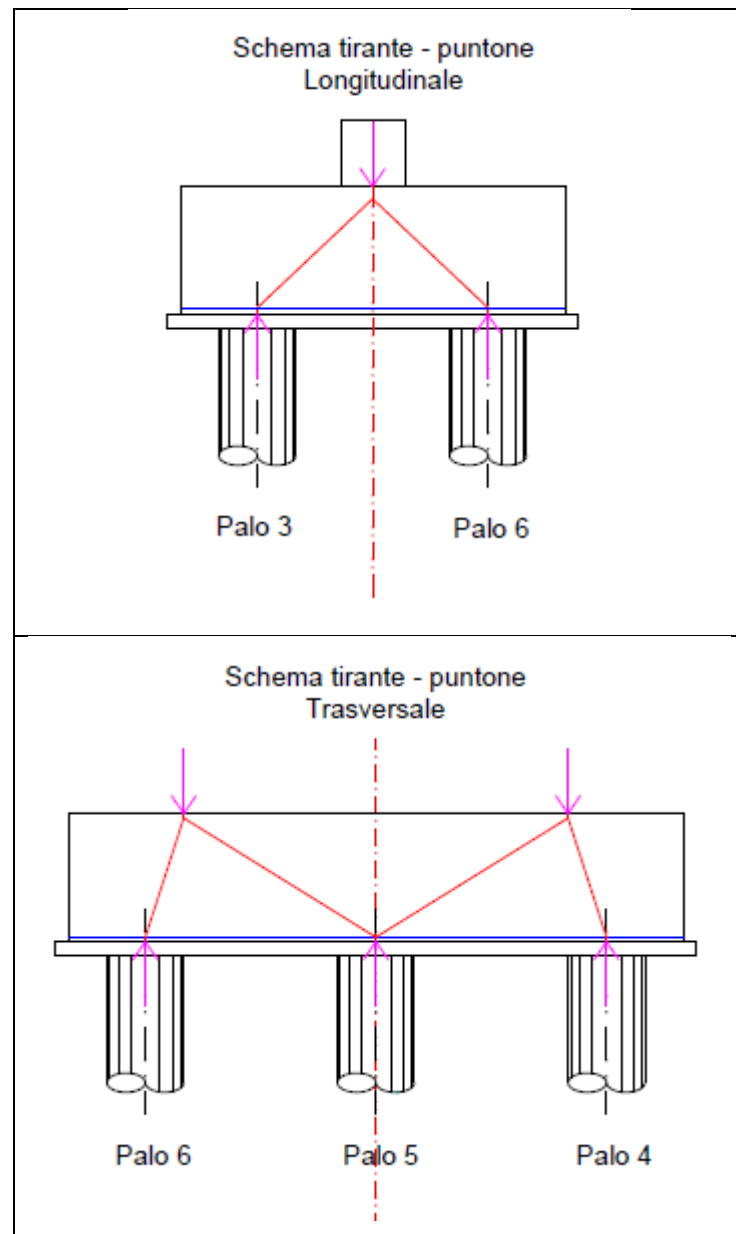
$$V_{Rd,s} = \frac{A_s f_{yd} - H_{Ed}}{\cotg \psi}$$

$$V_{Rd,c} = F_{c,max} \sin \psi = 0.4 \cdot d \cdot \sin^2 \psi \cdot b \cdot f_{cd} = 0.4 \cdot d \cdot b \cdot j$$

Figura 86 – Verifica mensola tozza secondo NTC2008



Le armature longitudinali e trasversali inferiori sono state dimensionate a partire dallo sforzo di compressione massimo del palo 6 della platea della pila P3; mentre le armature longitudinali e trasversali superiori sono state dimensionate rispettando i minimi di armatura delle NTC 2018.



**Figura 87 – Modelli tirante-puntone utilizzati**

## Armatura Longitudinale - Inferiore

### Mensola tozza NTC08

#### 1) Geometria pila

|                                    |                      |     |   |
|------------------------------------|----------------------|-----|---|
| Altezza plinto                     | H                    | 2   | m |
| Lunghezza mensola (metà plinto)    | L <sub>mensola</sub> | 3   | m |
| Distanza applicazione carico bordo | b                    | 1.2 | m |
| Larghezza direzione trasversale    | Lt                   | 3   | m |
| Larghezza direzione longitudinale  | Ll                   | 3   | m |

#### 2) Resistenze materiali

|                                    |                 |        |     |
|------------------------------------|-----------------|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | f <sub>ck</sub> | 33.20  | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | f <sub>cd</sub> | 22.13  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | f <sub>yd</sub> | 391.30 | MPa |

#### 3) Carichi agenti

| Reazioni palo                       |                 |      |    |
|-------------------------------------|-----------------|------|----|
| Carico verticale appoggio massimo   | N <sub>ed</sub> | 4773 | kN |
| Carico orizzontale appoggio massimo | H <sub>ed</sub> | 128  | kN |

#### 4) Geometria della mensola

|  |                      |       |     |
|--|----------------------|-------|-----|
| Altezza mensola                                | h                    | 2     | m   |
| Lunghezza della mensola                        | L <sub>mensola</sub> | 3.0   | m   |
| Distanza di applicazione carico                | ac                   | 1.80  | m   |
| Eccentricità per presenza di carico orizz.     | e                    | 0.003 | m   |
| Profondità mensola                             | Lt                   | 3     | m   |
| Copriferro netto                               | c <sub>netto</sub>   | 5     | cm  |
| Copriferro da asse tirante                     | c <sub>tir</sub>     | 11    | cm  |
| Altezza utile tirante superiore                | d                    | 1.89  | m   |
| Braccio delle forze interne (0.9d)             | z                    | 1.70  | m   |
| Proiezione orizzontale del puntone (ac+0.2d+e) | l                    | 1.80  | m   |
| ctg $\psi$                                     | $\lambda$            | 1.058 |     |
| Inclinazione puntone                           | $\psi$               | 0.757 | rad |

#### 5) Armatura tirante inferiore

|                                   |                     |    |    |
|-----------------------------------|---------------------|----|----|
| Diametro dell'armatura principale | $\phi$              | 24 | mm |
| Passo dell'armatura principale    | p                   | 20 | cm |
| Numero di barre per strato        | n <sub>strato</sub> | 15 |    |
| Numero strati                     | strati              | 3  |    |

|                        |       |       |                 |
|------------------------|-------|-------|-----------------|
| Numero totale di barre | n tot | 45    |                 |
| Area barre             | As    | 20358 | mm <sup>2</sup> |

### 6) Verifica tirante inferiore

|  |           |         |                 |
|--|-----------|---------|-----------------|
| Resistenza tirante inferiore           | Vrd,s     | 7407    | kN              |
| Area minima di acciaio tirante-puntone | As,min    | 13234.1 | mm <sup>2</sup> |
| Verifica                               | As>As,min | ok      |                 |
| Coefficiente di sicurezza              | Fc        | 1.54    |                 |

### 7) Verifica puntone cls

|   |         |       |    |
|---|---------|-------|----|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c       | 1.5   |    |
| Resistenza puntone                          | PRc     | 35521 | kN |
| Verifica                                    | PRc>Ped | ok    |    |
| Coefficiente di sicurezza                   | Fc      | 7.44  |    |
| Gerarchia delle resistenze                  | PRc>PRs | ok    |    |

## Armatura Trasversale - Inferiore

### Mensola tozza NTC08

#### 1) Geometria pila

|                                    |          |     |   |
|------------------------------------|----------|-----|---|
| Altezza plinto                     | H        | 2   | m |
| Lunghezza mensola (metà plinto)    | Lmensola | 1.8 | m |
| Distanza applicazione carico bordo | b        | 1.2 | m |
| Larghezza direzione trasversale    | Lt       | 1.8 | m |
| Larghezza direzione longitudinale  | Ll       | 3   | m |

#### 2) Resistenze materiali

|                                    |     |        |     |
|------------------------------------|-----|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | fck | 33.20  | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | fcd | 22.13  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | fyd | 391.30 | MPa |

#### 3) Carichi agenti

|                                     |     |      |    |
|-------------------------------------|-----|------|----|
| Reazioni palo                       |     |      |    |
| Carico verticale appoggio massimo   | Ned | 4773 | kN |
| Carico orizzontale appoggio massimo | Hed | 128  | kN |

#### 4) Geometria della mensola

|  |           |       |     |
|--|-----------|-------|-----|
| Altezza mensola                                | h         | 2     | m   |
| Lunghezza della mensola                        | Lmensola  | 1.8   | m   |
| Distanza di applicazione carico                | ac        | 0.60  | m   |
| Eccentricità per presenza di carico orizz.     | e         | 0.003 | m   |
| Profondità mensola                             | Lt        | 3     | m   |
| Copriferro netto                               | c netto   | 5     | cm  |
| Copriferro da asse tirante                     | c tir     | 11    | cm  |
| Altezza utile tirante superiore                | d         | 1.89  | m   |
| Braccio delle forze interne (0.9d)             | z         | 1.70  | m   |
| Proiezione orizzontale del puntone (ac+0.2d+e) | l         | 0.60  | m   |
| ctg $\psi$                                     | $\lambda$ | 0.353 |     |
| Inclinazione puntone                           | $\psi$    | 1.232 | rad |

### 5) Armatura tirante inferiore

|                                   |          |       |                 |
|-----------------------------------|----------|-------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | $\phi$   | 24    | mm              |
| Passo dell'armatura principale    | p        | 20    | cm              |
| Numero di barre per strato        | n strato | 15    |                 |
| Numero strati                     | strati   | 2     |                 |
| Numero totale di barre            | n tot    | 30    |                 |
| Area barre                        | As       | 13572 | mm <sup>2</sup> |

|                                   |        |    |    |
|-----------------------------------|--------|----|----|
| Diametro armatura longitudinale   | $\phi$ | 24 | mm |
| Passo dell'armatura longitudinale | p      | 20 | cm |

### 6) Verifica tirante inferiore

|  |           |        |                 |
|--|-----------|--------|-----------------|
| Resistenza tirante inferiore           | Vrd,s     | 14694  | kN              |
| Area minima di acciaio tirante-puntone | As,min    | 4628.9 | mm <sup>2</sup> |
| Verifica                               | As>As,min | ok     |                 |
| Coefficiente di sicurezza              | Fc        | 2.93   |                 |

### 7) Verifica puntone cls

|   |         |       |    |
|---|---------|-------|----|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c       | 1.5   |    |
| Resistenza puntone                          | PRc     | 66966 | kN |
| Verifica                                    | PRc>Ped | ok    |    |
| Coefficiente di sicurezza                   | Fc      | 14.03 |    |
| Gerarchia delle resistenze                  | PRc>PRs | ok    |    |

### 7.4.2.2 Verifica SLE a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Per l'opera in esame si considerano condizioni ambientali aggressive rientrando le condizioni in classe XC4 e XD1, le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC - Tabella 4.1.IV]. In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportata nel prospetto seguente:

| Gruppi di esigenza | Condizioni ambientali | Combinazione di azione | Armatura           |            |                |            |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|----------------|------------|
|                    |                       |                        | Sensibile          |            | Poco sensibile |            |
|                    |                       |                        | Stato limite       | wk         | Stato limite   | wk         |
| A                  | Ordinarie             | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_2$ | ap. fessure    | $\leq w_3$ |
|                    |                       | quasi permanente       | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
| B                  | Aggressive            | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
| C                  | Molto Aggressive      | frequente              | formazione fessure | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

Risultando:

- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$
- $w_2 = 0.3 \text{ mm}$
- $w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Per strutture in condizioni aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 17.1.2018, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione frequente  $\delta_f \leq w_3 = 0.3 \text{ mm}$

Combinazione quasi permanente  $\delta_f \leq w_2 = 0.2 \text{ mm}$

Le armature sono classificabili come "poco sensibili".

Riguardo, infine, il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata nell'UNI EN 1992-1-1.

A favore di sicurezza, la verifica viene condotta per le sollecitazioni massime nella platea P3.

### Direzione Longitudinale – Armatura inferiore – Comb. SLE frequente

#### Armatura tirante

|            |         |                 |
|------------|---------|-----------------|
| $\Phi$     | 24      | mm              |
| n per fila | 15      |                 |
| n file     | 3       |                 |
| As         | 20357.5 | mm <sup>2</sup> |

|            |         |    |   |
|------------|---------|----|---|
| Ved        | 2651.4  | kN |   |
| ctg $\Psi$ | 1.06    |    |   |
| Ted        | 2805.68 | kN | Azione di progetto (combinazione frequente) |

|            |         |     |                                  |
|------------|---------|-----|----------------------------------|
| Tipo cls   | C32/40  |     |                                  |
| fck        | 32      | MPa |                                  |
| fcm        | 40      | MPa |                                  |
| Es         | 210000  | MPa | Modulo elastico acciaio          |
| Ecm        | 33345.8 | MPa | Modulo elastico cls              |
| fctm       | 3.02    | MPa | Resistenza a trazione media cls  |
| $\alpha_e$ | 6.30    |     | Es/Ecm                           |
| kt         | 0.4     |     | Fattore per la durata del carico |

|            |         |                 |                             |
|------------|---------|-----------------|-----------------------------|
| As         | 20357.5 | mm <sup>2</sup> | Area di acciaio teso        |
| $\sigma_s$ | 137.8   | MPa             | Tensione nell'armatura tesa |

|        |       |   |  |
|--------|-------|---|--|
| h      | 2     | m | Altezza plinto                                 |
| b      | 3     | m | Larghezza plinto direzione trasversale         |
| c*     | 0.086 | m | Distanza intradosso plinto - asse tirante      |
| d      | 1.914 | m | Altezza utile                                  |
| hc,ef  | 0.215 | m | Altezza dell'area efficace di cls teso         |
| Ac,eff | 0.65  | m | Area efficace di cls teso attorno all'armatura |
| peff   | 0.032 |   | Rapporto geometrico d'armatura                 |

|                 |         |  |  |
|-----------------|---------|--|--|
| $\epsilon_{sm}$ | 0.00044 |  | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura |
|-----------------|---------|--|--|

|              |       |    |                               |
|--------------|-------|----|-------------------------------|
| k1           | 0.8   |    | Barre ad aderenza migliorata  |
| k2           | 0.50  |    | Flessione                     |
| k3           | 3.4   |    |                               |
| k4           | 0.425 |    |                               |
| c            | 0.05  | m  | Ricoprimento dell'armatura    |
| $\phi$       | 24    | mm | Diametro armatura             |
| $\Delta s_m$ | 176.0 | mm | Distanza media tra le fessure |

|      |       |    |  |
|------|-------|----|--|
| wk   | 0.131 | mm | Ampiezza caratteristica delle fessure                      |
| wmax | 0.3   | mm | Ampiezza limite delle fessure (cond.ambientali aggressive) |
| FS   | 2.29  |    | Fattore di sicurezza                                       |

Direzione Longitudinale – Armatura inferiore – Comb. SLE quasi permanente

Armatura tirante

|            |         |                 |
|------------|---------|-----------------|
| Φ          | 24      | mm              |
| n per fila | 15      |                 |
| n file     | 3       |                 |
| As         | 20357.5 | mm <sup>2</sup> |

|       |         |    |
|-------|---------|----|
| Ved   | 2101.5  | kN |
| ctg Ψ | 1.06    |    |
| Ted   | 2223.77 | kN |

*Azione di progetto (combinazione frequente)*

|          |         |     |
|----------|---------|-----|
| Tipo cls | C32/40  |     |
| fck      | 32      | MPa |
| fcm      | 40      | MPa |
| Es       | 210000  | MPa |
| Ecm      | 33345.8 | MPa |
| fctm     | 3.02    | MPa |
| αε       | 6.30    |     |
| kt       | 0.4     |     |

*Modulo elastico acciaio*

*Modulo elastico cls*

*Resistenza a trazione media cls*

*Es/Ecm*

*Fattore per la durata del carico*

|    |         |                 |
|----|---------|-----------------|
| As | 20357.5 | mm <sup>2</sup> |
| σs | 109.2   | MPa             |

*Area di acciaio teso*

*Tensione nell'armatura tesa*

|        |       |   |
|--------|-------|---|
| h      | 2     | m |
| b      | 3     | m |
| c*     | 0.086 | m |
| d      | 1.914 | m |
| hc,ef  | 0.215 | m |
| Ac,eff | 0.65  | m |
| peff   | 0.032 |   |

*Altezza plinto*

*Larghezza plinto direzione trasversale*

*Distanza intradosso plinto - asse tirante*

*Altezza utile*

*Altezza dell'area efficace di cls teso*

*Area efficace di cls teso attorno all'armatura*

*Rapporto geometrico d'armatura*

|     |         |  |
|-----|---------|--|
| esm | 0.00031 |  |
|-----|---------|--|

*Deformazione unitaria media delle barre d'armatura*

|    |      |  |
|----|------|--|
| k1 | 0.8  |  |
| k2 | 0.50 |  |
| k3 | 3.4  |  |

*Barre ad aderenza migliorata*

*Flessione*



|     |       |    |                               |
|-----|-------|----|-------------------------------|
| k4  | 0.425 |    |                               |
| c   | 0.05  | m  | Ricoprimento dell'armatura    |
| φ   | 24    | mm | Diametro armatura             |
| Δsm | 176.0 | mm | Distanza media tra le fessure |

|      |       |    |  |
|------|-------|----|--|
| wk   | 0.093 | mm | Ampiezza caratteristica delle fessure                      |
| wmax | 0.2   | mm | Ampiezza limite delle fessure (cond.ambientali aggressive) |
| FS   | 2.14  |    | Fattore di sicurezza                                       |

## Direzione Trasversale – Armatura inferiore – Comb. SLE frequente

### Armatura tirante

|            |         |                 |
|------------|---------|-----------------|
| Φ          | 24      | mm              |
| n per fila | 15      |                 |
| n file     | 2       |                 |
| As         | 13571.7 | mm <sup>2</sup> |

|       |         |    |
|-------|---------|----|
| Ved   | 2651.36 | kN |
| ctg Ψ | 0.35    |    |
| Ted   | 935.23  | kN |

Azione di progetto (combinazione frequente)

|          |         |     |                                  |
|----------|---------|-----|----------------------------------|
| Tipo cls | C32/40  |     |                                  |
| fck      | 32      | MPa |                                  |
| fcmm     | 40      | MPa |                                  |
| Es       | 210000  | MPa | Modulo elastico acciaio          |
| Ecm      | 33345.8 | MPa | Modulo elastico cls              |
| fctm     | 3.02    | MPa | Resistenza a trazione media cls  |
| αe       | 6.30    |     | Es/Ecm                           |
| kt       | 0.4     |     | Fattore per la durata del carico |

|    |         |                 |                             |
|----|---------|-----------------|-----------------------------|
| As | 13571.7 | mm <sup>2</sup> | Area di acciaio teso        |
| σs | 68.9    | MPa             | Tensione nell'armatura tesa |

|    |      |   |   |
|----|------|---|---|
| h  | 2    | m | Altezza plinto                            |
| b  | 3    | m | Larghezza plinto direzione longitudinale  |
| c* | 0.11 | m | Distanza intradosso plinto - asse tirante |
| d  | 1.89 | m | Altezza utile                             |

|        |         |    |  |
|--------|---------|----|--|
| hc,ef  | 0.275   | m  | Altezza dell'area efficace di cls teso                     |
| Ac,eff | 0.83    | m  | Area efficace di cls teso attorno all'armatura             |
| peff   | 0.016   |    | Rapporto geometrico d'armatura                             |
|        |         |    |  |
| esm    | 0.00020 |    | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura         |
|        |         |    |  |
| k1     | 0.8     |    | Barre ad aderenza migliorata                               |
| k2     | 0.50    |    | Flessione  |
| k3     | 3.4     |    |  |
| k4     | 0.425   |    |  |
| c      | 0.05    | m  | Ricoprimento dell'armatura                                 |
| φ      | 24      | mm | Diametro armatura  |
| Δsm    | 245.9   | mm | Distanza media tra le fessure                              |
|        |         |    |  |
| wk     | 0.082   | mm | Ampiezza caratteristica delle fessure                      |
| wmax   | 0.3     | mm | Ampiezza limite delle fessure (cond.ambientali aggressive) |
| FS     | 3.65    |    | Fattore di sicurezza                                       |

## Direzione Trasversale – Armatura inferiore – Comb. SLE quasi permanente

### Armatura tirante

|            |          |                 |
|------------|----------|-----------------|
| Φ          | 24       | mm              |
| n per fila | 15       |                 |
| n file     | 2        |                 |
| As         | 13571.68 | mm <sup>2</sup> |

|       |         |    |
|-------|---------|----|
| Ved   | 2101.46 | kN |
| ctg Ψ | 0.35    |    |
| Ted   | 741.26  | kN |

Azione di progetto (combinazione frequente)

|          |         |     |
|----------|---------|-----|
| Tipo cls | C32/40  |     |
| fck      | 32      | MPa |
| fcu      | 40      | MPa |
| Es       | 210000  | MPa |
| Ecm      | 33345.8 | MPa |

Modulo elastico acciaio  
Modulo elastico cls

|      |      |     |                                  |
|------|------|-----|----------------------------------|
| fctm | 3.02 | MPa | Resistenza a trazione media cls  |
| αe   | 6.30 |     | Es/Ecm                           |
| kt   | 0.4  |     | Fattore per la durata del carico |

|    |         |                 |                             |
|----|---------|-----------------|-----------------------------|
| As | 13571.7 | mm <sup>2</sup> | Area di acciaio teso        |
| σs | 54.6    | MPa             | Tensione nell'armatura tesa |

|        |       |   |  |
|--------|-------|---|--|
| h      | 2     | m | Altezza plinto                                 |
| b      | 3     | m | Larghezza plinto direzione longitudinale       |
| c*     | 0.11  | m | Distanza intradosso plinto - asse tirante      |
| d      | 1.89  | m | Altezza utile                                  |
| hc,ef  | 0.275 | m | Altezza dell'area efficace di cls teso         |
| Ac,eff | 0.83  | m | Area efficace di cls teso attorno all'armatura |
| peff   | 0.016 |   | Rapporto geometrico d'armatura                 |

|     |         |  |  |
|-----|---------|--|--|
| εsm | 0.00016 |  | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura |
|-----|---------|--|--|

|     |       |    |                               |
|-----|-------|----|-------------------------------|
| k1  | 0.8   |    | Barre ad aderenza migliorata  |
| k2  | 0.50  |    | Flessione                     |
| k3  | 3.4   |    |                               |
| k4  | 0.425 |    |                               |
| c   | 0.05  | m  | Ricoprimento dell'armatura    |
| φ   | 24    | mm | Diametro armatura             |
| Δsm | 245.9 | mm | Distanza media tra le fessure |

|      |       |    |  |
|------|-------|----|--|
| wk   | 0.065 | mm | Ampiezza caratteristica delle fessure                      |
| wmax | 0.2   | mm | Ampiezza limite delle fessure (cond.ambientali aggressive) |
| FS   | 3.07  |    | Fattore di sicurezza                                       |

### 7.4.2.3 Verifica a taglio

La verifica a taglio risulta soddisfatta considerando una maglia di **spille  $\phi 12$  40x20**.

Il taglio di calcolo è pari alla massima reazione agente sul palo più caricato, pari a 4773 kN, per unità di larghezza della mensola considerata.

$$V_{ed} = 4773 / 3.0 = 1591 \text{ kN/m}$$

Si riporta di seguito l'esito della verifica.

### Proprietà materiali

|              |  |                                      |
|--------------|--|--------------------------------------|
| Clc $R_{ck}$ | <input type="text" value="40"/>              |                                      |
| Clc          | <input type="text" value="Fessurato (v=0)"/> | condizioni clc                       |
| Acciaio 1    | <input type="text" value="B450"/>            | acciaio barre longitudinali          |
| Acciaio 2    | <input type="text" value="B450"/>            | acciaio armature trasversali         |
| $\gamma_c$   | <input type="text" value="1.5"/>             | coeff. Parziale relativo al clc      |
| $\gamma_s$   | <input type="text" value="1.15"/>            | coeff. Parziale relativo all'acciaio |

### Geometrie sezione

|       |                                      |                 |                                    |
|-------|--------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| $b_w$ | <input type="text" value="1000"/>    | mm              | Larghezza dell'anima resistente    |
| $d$   | <input type="text" value="1900"/>    | mm              | Altezza utile della sezione        |
| $A_c$ | <input type="text" value="2000000"/> | mm <sup>2</sup> | Area della sezione di calcestruzzo |

### Caratteristiche armature

|                    |                                   |    |                                 |   |                                    |
|--------------------|-----------------------------------|----|---------------------------------|---|------------------------------------|
| $n_{bl}$           | <input type="text" value="5"/>    |    | <input type="text" value="0"/>  | Numero di barre longitudinali   |                                    |
| $\varnothing_{bl}$ | <input type="text" value="24"/>   | mm | <input type="text" value="20"/> | mm  | Diametro delle barre longitudinali |
| $n_{bw}$           | <input type="text" value="2.50"/> |    |                                 | Numero di bracci delle staffe   |                                    |
| $\varnothing_{st}$ | <input type="text" value="12"/>   | mm |                                 | Diametro delle staffe   |                                    |
| $s_{st}$           | <input type="text" value="200"/>  | mm |                                 | Passo delle staffe  |                                    |
| $\alpha$           | <input type="text" value="90"/>   | °  |                                 | Inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse) |                                    |

### Caratteristiche sollecitazioni

|          |                                   |    |  |
|----------|-----------------------------------|----|--|
| $N_{Ed}$ | <input type="text" value="0"/>    | KN | Sforzo normale di calcolo (+ compressione) |
| $V_{Ed}$ | <input type="text" value="1591"/> | KN | Taglio di calcolo                          |
| $N_{Rd}$ | 37626.7                           | KN | Sforzo normale di compressione massimo     |

### Dati traliccio resistente

|             |                                 |   |  |
|-------------|---------------------------------|---|--|
| $\theta$    | <input type="text" value="25"/> | ° | Inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse staffe |
| $ctg\theta$ | 2.48                            |   | (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)                     |

Si  
 No

### Resistenza a taglio

|          |                                   |    |  |
|----------|-----------------------------------|----|--|
| $V_{Rd}$ | <input type="text" value="584"/>  | KN | Taglio resistente relativo alle armature tese    |
| $V_{Rd}$ | <input type="text" value="2341"/> | KN | Taglio resistente relativo alle bielle compresse |
| FC       | <input type="text" value="1.47"/> |    | Fattore di sicurezza                             |

#### 7.4.2.4 Verifica a taglio – punzonamento

Le verifiche a punzonamento sono state condotte secondo le formulazioni dell'Eurocodice 2, par. 6.4. Il punzonamento può essere determinato dalla reazione concentrata del palo agente su un'area relativamente piccola di plinto.

Il procedimento di calcolo per il taglio-punzonamento si fonda sulle verifiche alla faccia del palo e al perimetro di verifica di base  $u_1$ . Si definiscono le seguenti tensioni di taglio di progetto lungo le sezioni di verifica:

- $v_{Rd,c}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra, priva di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata;
- $v_{Rd,cs}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra dotata di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata.

L'armatura per il taglio-punzonamento non è necessaria se:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

Se  $v_{Ed}$  supera il valore  $v_{Rd,c}$  si deve disporre armatura specifica per il taglio-punzonamento e deve risultare:

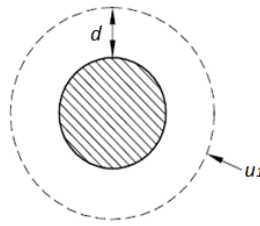
$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$$

La tensione massima di taglio, nel caso generale di reazione d'appoggio eccentrica rispetto al perimetro di verifica, è pari a:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

Dove:

- $d$  è l'altezza utile media della piastra;
- $u_1$  è la lunghezza del perimetro di verifica
- $V_{ed}$  è il taglio agente
- $\beta$  è un coefficiente assunto pari a 1



Secondo quanto riportato al §6.4.2 dell'Eurocodice 2 il perimetro di verifica di base  $u_1$  può generalmente essere collocato a una distanza pari a  $2d$  dall'area caricata. Tuttavia, considerando lo spessore elevato del plinto di fondazione e, a favore di sicurezza, tale perimetro è stato collocato ad una distanza  $d$  dal bordo del palo.

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,c}$  per una piastra priva di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

Dove:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0 d$
- $\rho_1 = \sqrt{\rho_{1y} \cdot \rho_{1z}} \leq 0.02$ , dove  $\rho_{1y}$  e  $\rho_{1z}$  sono riferiti all'acciaio teso aderente rispettivamente nelle direzioni  $y$  e  $z$ .
- $\sigma_{cp} = 0$
- $C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$
- $k_1 = 1$

$$- v_{min} = 0.035 k^{\frac{3}{2}} \sqrt{f_{ck}}$$

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,cs}$  per una piastra munita di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$

Dove:

$A_{sw}$  è l'area di armatura a taglio- punzonamento situata su di un perimetro intorno al pilastro;

$s_r$  è il passo dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento;

$f_{ywd,ef}$  è la resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento, secondo la relazione  $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$ ;

$\alpha$  è l'angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra (pari a 90° nel caso di armatura verticale).

Inoltre, in adiacenza ai pilastri la resistenza a taglio-punzonamento è limitata a un valore massimo di:

$$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max}$$

Dove:

$u_0$  è il perimetro del pilastro;

$$v_{Rd,max} = 0.5 v f_{cd}$$

$$v = 0.6 (1 - f_{ck}/250)$$



La verifica è stata condotta in corrispondenza del palo d'angolo più sollecitato (palo 6), per lo sforzo assiale massimo della combinazione SLU\_3:  $V_{Ed} = 4773$  kN.

Tale sforzo assiale massimo è stato poi ridotto a causa dell'effetto favorevole del peso del plinto di fondazione.

#### Caratteristiche materiali

|     |      |                   |                                   |
|-----|------|-------------------|-----------------------------------|
| Rck | 40   | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza caratt. cubica cls     |
| fck | 33.2 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza caratt. cilindrica cls |
| γc  | 1.5  |                   | Coefficiente sicurezza cls        |
| τrd | 0.36 | N/mm <sup>2</sup> | Resist. unit. a taglio            |
| fyk | 450  | N/mm <sup>2</sup> | Tensione di snervamento acciaio   |
| γs  | 1.15 |                   | Coefficiente di sicurezza acciaio |

#### Armatatura tesa

|     |       |                    |  |
|-----|-------|--------------------|--|
| Aly | 33.93 | cm <sup>2</sup> /m | Armatatura tesa in direzione y (media) |
| Alx | 33.93 | cm <sup>2</sup> /m | Armatatura tesa in direzione x (media) |

#### Impronta di carico

|   |     |    |  |
|---|-----|----|--|
| a | 60  | cm | (a = raggio per sezioni circolari)             |
| h | 200 | cm | Altezza plinto                                 |
| d | 190 | cm | Altezza utile                                  |
| β | 1   |    | Coeff. che tiene conto eccentricità del carico |

|    |        |    |                               |
|----|--------|----|-------------------------------|
| u1 | 643.32 | cm | Perimetro di verifica di base |
| u0 | 376.99 | cm | Perimetro dell'area caricata  |
| k  | 1.32   |    | Coefficiente                  |
| pl | 0.0018 |    | Percentuale di armatura tesa  |

#### Peso del plinto

|         |       |                   |  |
|---------|-------|-------------------|--|
| γcls    | 25    | kN/m <sup>3</sup> | Peso specifico cls   |
| hplinto | 2     | m                 | Altezza plinto   |
| A       | 6.63  | m <sup>2</sup>    | Area di verifica in corrispondenza del baricentro del plinto |
| ΔVsd    | 331.6 | kN                | Riduzione di taglio dovuta al peso proprio del plinto        |

Tensione massima di taglio

|     |      |                   |  |
|-----|------|-------------------|--|
| Ved | 4773 | kN                | Reazione agli SLU  |
| Ved | 4442 | kN                | Taglio applicato (ridotto del peso proprio e del rinterro) |
| Ved | 690  | kN/m              | Taglio applicato per unità di lunghezza                    |
| ved | 0.36 | N/mm <sup>2</sup> | Tensione di taglio agente                                  |

Resistenza a punzonamento offerta dal solo calcestruzzo immediatamente a ridosso del palo

|          |      |                   |                                       |
|----------|------|-------------------|---------------------------------------|
| ved      | 0.62 | N/mm <sup>2</sup> | Tensione di taglio a rifosso del palo |
| vrdmax   | 4.89 | N/mm <sup>2</sup> | Tensione resistente massima           |
| Verifica | ok   |                   |                                       |
| Fs       | 7.90 |                   |                                       |

Resistenza a punz. per unità di lungh. senza armatura a taglio

|                   |        |                   |   |
|-------------------|--------|-------------------|---|
| V <sub>Rd,c</sub> | 0.31   | N/mm <sup>2</sup> | Tensione resistente senza armatura a taglio |
| V <sub>min</sub>  | 0.31   | N/mm <sup>2</sup> |   |
| V <sub>Rd</sub>   | 584.54 | kN/m              | Taglio resistente per unità di lunghezza    |
| Verifica          | no     |                   |   |
| Fs                | 0.85   |                   |   |

Resistenza a punz. per unità di lungh. con armatura a taglio

**STAFFE**

|                     |        |                   |   |
|---------------------|--------|-------------------|---|
| f <sub>ywd,ef</sub> | 391.30 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento |
| α                   | 90.00  | °                 | Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra    |
|                     | 1.57   | rad               |   |

|      |      |    |   |
|------|------|----|---|
| sr   | 400  | mm | Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento |
| d/sr | 4.76 |    |   |

|                     |       |                 |   |
|---------------------|-------|-----------------|---|
| As <sub>w min</sub> | 580.9 | mm <sup>2</sup> | Area di armatura minima a taglio-punz. di uno strato (se sono presenti solo staffe) |
|---------------------|-------|-----------------|---|

|           |           |                 |   |
|-----------|-----------|-----------------|---|
| $\varphi$ | <b>12</b> |                 | <i>Diametro armatura taglio-punzonamento</i>                            |
| n ferri   | <b>10</b> |                 | <i>Numero di ferri in uno strato</i>                                    |
| Asw       | 1131.0    | mm <sup>2</sup> | <i>Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato</i> |

### CAVALLOTTI

|          |        |                   |  |
|----------|--------|-------------------|--|
| fywd,ef  | 391.30 | N/mm <sup>2</sup> | <i>Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento</i> |
| $\alpha$ | 90.00  | °                 | <i>Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra</i>    |
|          | 1.57   | rad               |  |

|      |             |    |  |
|------|-------------|----|--|
| sr   | <b>1500</b> | mm | <i>Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento</i> |
| d/sr | 1.27        |    |  |

|         |        |                 |   |
|---------|--------|-----------------|---|
| Asw min | 2178.2 | mm <sup>2</sup> | <i>Area di armatura minima a taglio-punz di uno strato (se sono presenti solo cavallotti)</i> |
|---------|--------|-----------------|---|

|           |           |                 |   |
|-----------|-----------|-----------------|---|
| $\varphi$ | <b>20</b> |                 | <i>Diametro armatura taglio-punzonamento</i>                            |
| n ferri   | <b>2</b>  |                 | <i>Numero di ferri in uno strato</i>                                    |
| Asw       | 628.32    | mm <sup>2</sup> | <i>Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato</i> |

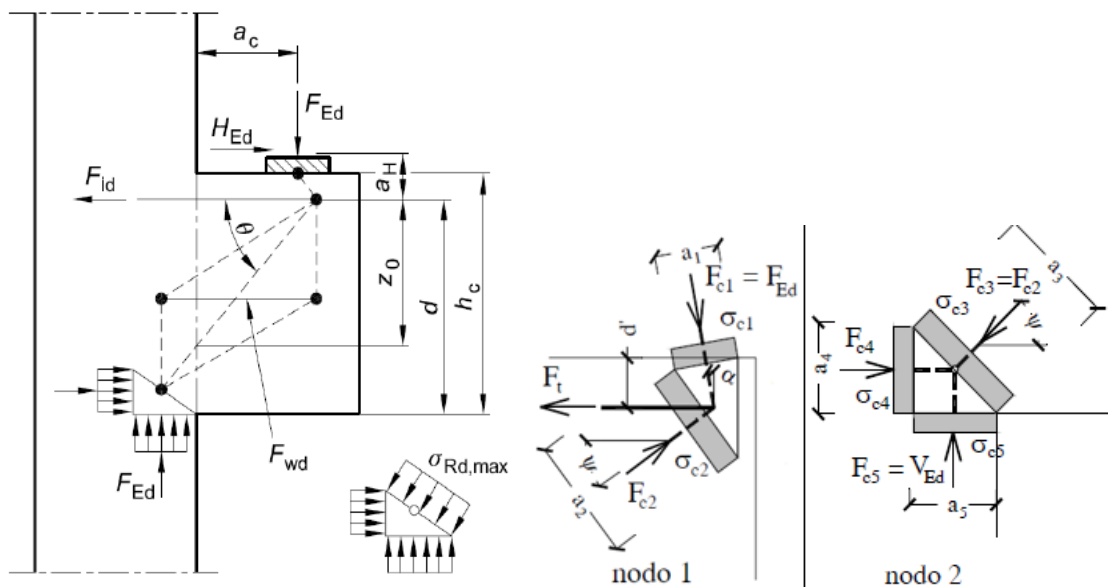
|                    |      |                   |  |
|--------------------|------|-------------------|--|
| V <sub>Rd,cs</sub> | 0.53 | N/mm <sup>2</sup> | <i>Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente</i> |
| V <sub>Ed</sub>    | 0.36 | N/mm <sup>2</sup> | <i>Tensione di taglio-punzonamento agente</i>                |
| Verifica           | ok   |                   |  |
| FS                 | 1.45 |                   |  |



## 7.5 VERIFICA DEI PULVINI

Vista la geometria, i pulvini possono essere verificati come mensole tozze (da quanto indicato nella norma UNI EN 1992-1-1 App. J, risulta infatti, con riferimento alla simbologia dell'Eurocodice,  $a_c > z$ , ovvero puntone con inclinazione minore di  $45^\circ$  rispetto alla verticale).

La verifica SLU del tirante, del puntone e dei nodi è stata condotta in accordo con le UNI EN 1992-1-1. Nella figura seguente si riporta lo schema di calcolo.



**Figura 88 – Scherma di calcolo tirante-puntone per la mensola tozza**

In accordo con l'Eurocodice 2, la massima tensione ammissibile allo SLU su ciascuna faccia di ciascun nodo è pari a:

$$\sigma_{1Rd,max} = k_1 \cdot v' \cdot f_{cd} = 1.00 \cdot (1 - f_{ck}/250) \cdot f_{cd}$$

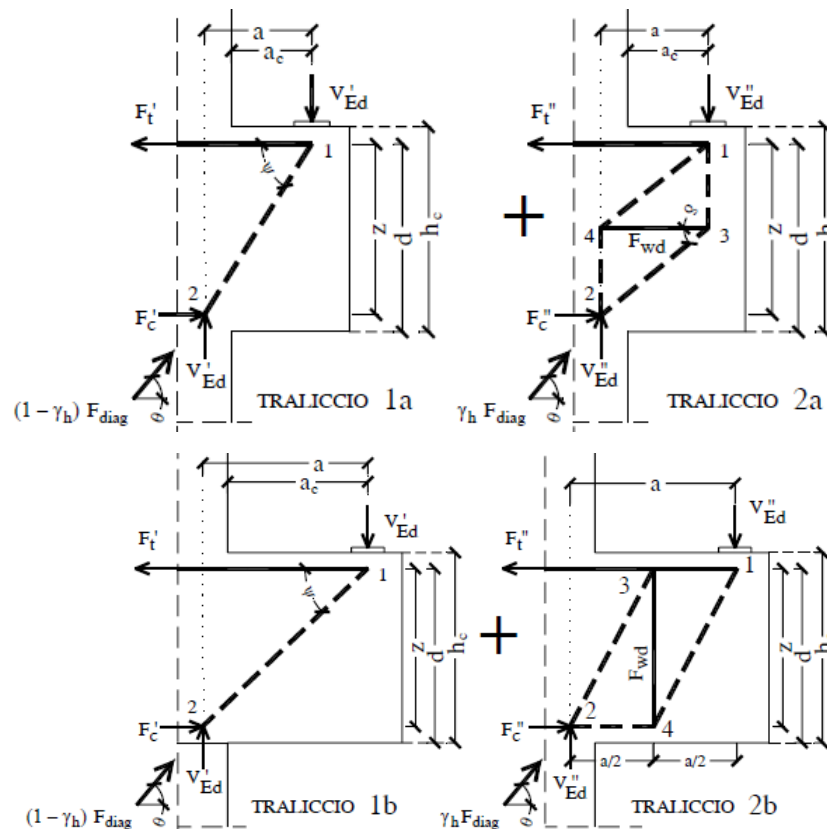
per nodi sui quali non è ancorato nessun tirante ("nodo 2" nel caso in esame)

$$\sigma_{2Rd,max} = k_2 \cdot v' \cdot f_{cd} = 0.85 \cdot (1 - f_{ck}/250) \cdot f_{cd}$$

per nodi sui quali è ancorato un tirante ("nodo 1" nel caso in esame)

Per il calcolo delle armature secondarie la normativa suddetta propone dei tralicci iperstatici (Figura 89).

Per valutare la quota parte di sollecitazioni agente su ciascun traliccio si è fatto riferimento alle formulazioni proposte dal Model Code 1990.



**Figura 89 – Tralicci iperstatici proposti dalle UNI EN 1992-1-1 per il calcolo dell'armatura secondaria**

Nelle verifiche del puntone e quindi dei nodi, si è considerata una larghezza del calcestruzzo pari alla larghezza dell'anima della sezione a doppio T ( $B=1.20m$ ).

Lo schema tirante puntone descritto è stato utilizzato anche per le verifiche SLE a fessurazione in corrispondenza del tirante.

Per la verifica si è preso come riferimento il pulvino maggiormente sollecitato, ovvero il pulvino di pila 8 (si veda documento T03 VI01 STR RE01).

I risultati possono essere estesi a tutti i pulvini.

- VERIFICA SLU

| Proprietà dei materiali |       |       |  |
|-------------------------|-------|-------|--|
| $f_{ck}$                | [MPa] | 32.0  |  |
| $f_{cd}$                | [MPa] | 18.13 |  |
| $f_{yd}$                | [MPa] | 391.3 |  |

| Azioni di progetto |       |       |   |
|--------------------|-------|-------|---|
| $V_{ed}$           | [kN]  | 11940 | Forza verticale di progetto                                 |
| $H_{ed}$           | [kN]  | 300   | Forza orizzontale di progetto                               |
| $\alpha$           | [rad] | 0.03  | Inclinazione rispetto alla verticale della forza risultante |

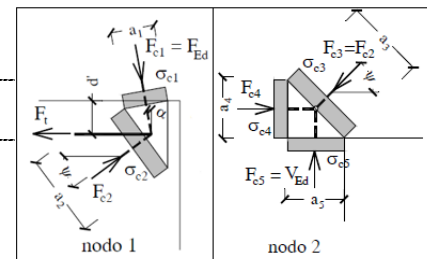
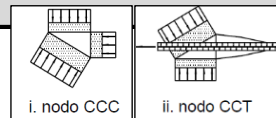
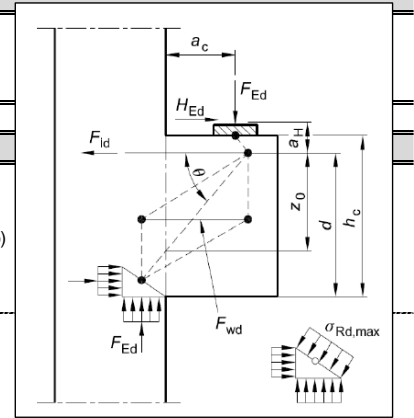
| Dati geometrici |      |      |  |
|-----------------|------|------|--|
| $a_c$           | [mm] | 1000 | Braccio della forza rispetto faccia esterna                    |
| $B$             | [mm] | 1200 | Larghezza della mensola tozza (larghezza del pulvino)          |
| $h_c$           | [mm] | 6000 | Altezza della mensola tozza (altezza del pulvino all'incastro) |
| $b$             | [mm] | 1000 | Dimensione trasversale del nodo 1 (larghezza baggio)           |
| $c$             | [mm] | 1200 | Larghezza (parallela al pulvino) del baggio                    |
| $d'$            | [mm] | 102  | Distanza tra baricentro armature ed estradosso pulvino         |
| $s$             | [mm] | 750  | Altezza baggioli + metà appoggio                               |
| $a_h$           | [mm] | 852  | Altezza $a_h = d' + s$   |
| $d$             | [mm] | 5898 | Altezza utile della sezione                                    |

| Massime tensioni che possono sopportare i nodi |       |      |   |
|--|-------|------|---|
| $k_1$  | [-]   | 1.00 | Coefficiente $k_1$ (UNI EN 1992-1-1 §6.5.4)   |
| $k_2$  | [-]   | 0.85 | Coefficiente $k_2$ (UNI EN 1992-1-1 §6.5.4)   |
| $v'$   | [-]   | 0.87 | Coefficiente $v' = 1 - f_{ck}/250$  |
| $\sigma_{1Rd,max}$                             | [Mpa] | 15.8 | Massima tensione applicabile ad un nodo nel quale non è ancorato nessun tirante (CCC) = $k_1 * v' * f_{cd}$ |
| $\sigma_{2Rd,max}$                             | [Mpa] | 13.4 | Massima tensione applicabile ad un nodo nel quale è ancorato un solo tirante (CCT) = $k_2 * v' * f_{cd}$    |

| Individuazione della geometria e della posizione dei nodi |       |        |   |
|---|-------|--------|---|
| $a_5$   | [mm]  | 629    | Larghezza orizzontale del "nodo 2": $a_5 = V_{ed}/(\sigma_{c5} * B)$ . (Imponendo $\sigma_{c5} = \sigma_{1,Rd}$ ) |
| $a$   | [mm]  | 1315   | Distanza orizzontale tra punto applicazione carichi e "nodo 2": $a = a_c + a_5/2$                                 |
| $e$   | [mm]  | 21     | Distanza orizzontale del "nodo 1" dal punto applicazione del carico   |
| $a'$  | [mm]  | 1336   | Braccio interno delle forze $a' = a + e$ (momento sollecitante)   |
| $z$   | [mm]  | 4718.4 | Braccio interno delle forze resistenti (assunto = 0.8d)   |
| $a_4$   | [mm]  | 2359.2 | Altezza "nodo 2": $a_4 = 0.4 * d$ (conseguenza di $z = 0.8d$ )  |
| $a_3$   | [mm]  | 2442   | Larghezza del lato inclinato del nodo 2   |
| $\psi$  | [rad] | 1.29   | Angolo di inclinazione del puntone (rispetto orizzontale)   |
| $\tan \psi$   | [-]   | 3.53   | Tangente di "psi"   |
| $a_1$   | [mm]  | 1200   | Dimensione $a_1$ del "nodo 1" (= $b \cos \alpha$ )  |
| $\beta$   | [rad] | 0.14   | Inclinazione della faccia $a_1$ rispetto all'orizzontale  |
| $a_2$   | [mm]  | 1212   | Dimensione $a_2$ del "nodo 1"   |
| $\beta + \psi - 90^\circ$                                 | [rad] | -0.13  | Angolo tra faccia $a_2$ e faccia ortogonale al puntone  |
| $a_2'$  | [mm]  | 1201   | Dimensione $a_2$ proiettata sulla perpendicolare al puntone   |

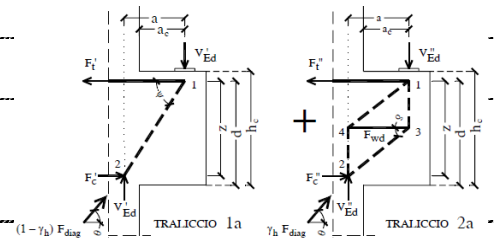


| Verifica del tirante |                    |       |  |
|----------------------|--------------------|-------|--|
| $F_{id}$             | [kN]               | 3381  | Trazione sul tirante (barre superiori), escluso $H_{ed}$   |
| $F_{t,Ed}$           | [kN]               | 3681  | Trazione di progetto totale sul tirante: $F_{id} + H_{ed}$ |
| n°_barre             | [-]                | 20    | Numero barre di armatura                                   |
| $\Phi$               | [mm]               | 30    | Diametro barre di armatura                                 |
| $A_s$                | [mm <sup>2</sup> ] | 14137 | Area totale armatura tirante                               |
| $F_{t,Rd}$           | [kN]               | 5532  | Resistenza a trazione del tirante                          |
| CS                   | [-]                | 1.50  | Tasso di sfruttamento                                      |

| Verifica del nodo 2 (tipo CCC) |       |       |   |
|--------------------------------|-------|-------|---|
| $F_{c3}$                       | [kN]  | 12409 | Compressione su faccia 3 del "nodo 2": $F_{c3} = V_{ed}/\sin\theta$ (compr. su puntone) |
| $F_{c4}$                       | [kN]  | 3381  | Compressione su faccia 4 del "nodo 2": $F_{c4} = F_t \cdot H$                           |
| $F_{c5}$                       | [kN]  | 11940 | Compressione su faccia 5 del "nodo 2": $F_{c5} = V_{ed}$                                |
| $\sigma_{c3}$                  | [Mpa] | 4.2   | Tensione su faccia 3 del "nodo 2"   |
| $\sigma_{c4}$                  | [Mpa] | 1.2   | Tensione su faccia 4 del "nodo 2"   |
| CS <sub>c3</sub>               | [-]   | 3.73  | Coefficiente di sicurezza sulla faccia 3 del "nodo 2"                                   |
| CS <sub>c4</sub>               | [-]   | 13.24 | Coefficiente di sicurezza sulla faccia 4 del "nodo 2"                                   |

| Verifica del nodo 1 (tipo CCT) |       |       |   |
|--------------------------------|-------|-------|---|
| $F_{c1}$                       | [kN]  | 11944 | Compressione su faccia 1 del "nodo 1" (risultante delle forze $F_{Ed}$ e $H_{Ed}$ ) |
| $F_{c2}$                       | [kN]  | 12409 | Compressione su faccia 2 del "nodo 1": $F_{c2} = F_{c3}$                            |
| $\sigma_{c1}$                  | [Mpa] | 10.0  | Tensione su faccia 1 del "nodo 1": $(F_{c1} / a_1 \cdot c)$                         |
| $\sigma_{c2}$                  | [Mpa] | 10.3  | Tensione su faccia 2 del "nodo 1": $(F_{c2} / a_2 \cdot c)$                         |
| CS <sub>c2</sub>               | [-]   | 1.30  | Coefficiente di sicurezza sulla faccia 2 del "nodo 1"                               |
| CS <sub>c1</sub>               | [-]   | 1.35  | Coefficiente di sicurezza sulla faccia 1 del "nodo 1"                               |

| Verifica dell'armatura secondaria orizzontale ( $a_c / h_c < 0.5$ )  |                    |       |   |
|--|--------------------|-------|---|
| $a' / z$   | [-]                | 0.283 | Rapporto che definisce l'inclinazione del puntone     |
| <i>Poiché <math>a_c/h_c &lt; 0.5</math>, devono essere predisposte staffe orizzontali con area minima:</i> |                    |       |   |
| $V_{Ed}^1$   | [kN]               | 11084 | Taglio assorbito da traliccio 2a (da ModelCode90)     |
| $F_{wd}$   | [kN]               | 3138  | Azione sulle armature secondarie                      |
| n°_bracci  | [-]                | 60    | Numero totale di bracci delle staffe presenti in $a'$ |
| $\Phi$   | [mm]               | 16    | Diametro delle staffe                                 |
| $A_{sw}$   | [mm <sup>2</sup> ] | 12064 | Area totale armatura delle staffe                     |
| $F_{w,Rd}$   | [kN]               | 4721  | Resistenza dell'armatura secondaria                   |
| CS   | [-]                | 1.50  | Coefficiente di sicurezza                             |
| $A_{sw,min}$   | [mm <sup>2</sup> ] | 3534  | Area minima delle staffe richiesta (UNI EN 1992-1-1)  |



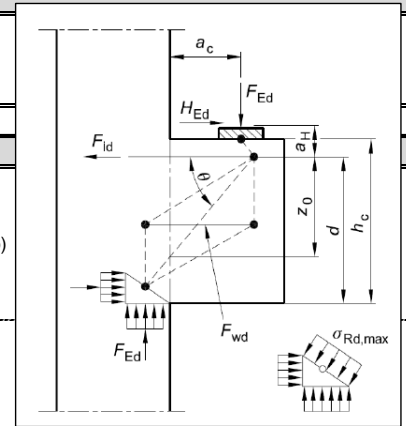


• VERIFICA SLE A FESSURAZIONE (COMB. FREQ.)

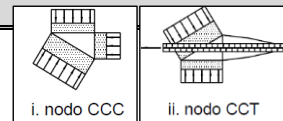
| Proprietà dei materiali |       |       |  |
|-------------------------|-------|-------|--|
| $f_{ck}$                | [MPa] | 32.0  |  |
| $f_{cd}$                | [MPa] | 18.13 |  |
| $f_{vd}$                | [MPa] | 391.3 |  |

| Azioni di progetto |       |      |   |
|--------------------|-------|------|---|
| $V_{ed}$           | [kN]  | 6600 | Forza verticale di progetto                                 |
| $H_{ed}$           | [kN]  | 50   | Forza orizzontale di progetto                               |
| $\alpha$           | [rad] | 0.01 | Inclinazione rispetto alla verticale della forza risultante |

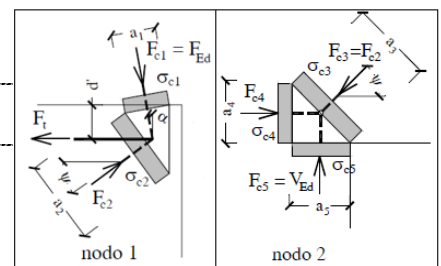
| Dati geometrici |      |      |  |
|-----------------|------|------|--|
| $a_c$           | [mm] | 1000 | Braccio della forza rispetto faccia esterna                    |
| $B$             | [mm] | 1200 | Larghezza della mensola tozza (larghezza del pulvino)          |
| $h_c$           | [mm] | 6000 | Altezza della mensola tozza (altezza del pulvino all'incastro) |
| $b$             | [mm] | 1000 | Dimensione trasversale del nodo 1 (larghezza baggio)           |
| $c$             | [mm] | 1200 | Larghezza (parallela al pulvino) del baggio                    |
| $d'$            | [mm] | 102  | Distanza tra baricentro armature ed estradosso pulvino         |
| $s$             | [mm] | 750  | Altezza baggioli + metà appoggio                               |
| $a_h$           | [mm] | 852  | Altezza $a_h = d' + s$   |
| $d$             | [mm] | 5898 | Altezza utile della sezione                                    |



| Massime tensioni che possono sopportare i nodi |       |      |   |
|--|-------|------|---|
| $k_1$  | [-]   | 1.00 | Coefficiente $k_1$ (UNI EN 1992-1-1 §6.5.4)   |
| $k_2$  | [-]   | 0.85 | Coefficiente $k_2$ (UNI EN 1992-1-1 §6.5.4)   |
| $\nu'$   | [-]   | 0.87 | Coefficiente $\nu' = 1 - f_{ck}/250$  |
| $\sigma_{1Rd,max}$                             | [Mpa] | 15.8 | Massima tensione applicabile ad un nodo nel quale non è ancorato nessun tirante (CCC) = $k_1 * \nu' * f_{cd}$ |
| $\sigma_{2Rd,max}$                             | [Mpa] | 13.4 | Massima tensione applicabile ad un nodo nel quale è ancorato un solo tirante (CCT) = $k_2 * \nu' * f_{cd}$    |



| Individuazione della geometria e della posizione dei nodi |       |        |   |
|---|-------|--------|---|
| $a_5$   | [mm]  | 348    | Larghezza orizzontale del "nodo 2": $a_5 = V_{ed}/(\sigma_{c5} B)$ . (Imponendo $\sigma_{c5} = \sigma_{1,Rd}$ ) |
| $a$   | [mm]  | 1174   | Distanza orizzontale tra punto applicazione carichi e "nodo 2": $a = a_c + a_5/2$                               |
| $e$   | [mm]  | 6      | Distanza orizzontale del "nodo 1" dal punto applicazione del carico   |
| $a'$  | [mm]  | 1180   | Braccio interno delle forze $a' = a + e$ (momento sollecitante)   |
| $z$   | [mm]  | 4718.4 | Braccio interno delle forze resistenti (assunto = 0.8d)   |
| $a_4$   | [mm]  | 2359.2 | Altezza "nodo 2": $a_4 = 0.4 * d$ (conseguenza di $z = 0.8d$ )  |
| $a_3$   | [mm]  | 2385   | Larghezza del lato inclinato del nodo 2   |
| $\psi$  | [rad] | 1.33   | Angolo di inclinazione del puntone (rispetto orizzontale)   |
| $\tan \psi$   | [-]   | 4.00   | Tangente di " $\psi$ "  |
| $a_1$   | [mm]  | 1200   | Dimensione $a_1$ del "nodo 1" (= $b \cos \alpha$ )  |
| $\beta$   | [rad] | 0.16   | Inclinazione della faccia $a_1$ rispetto all'orizzontale  |
| $a_2$   | [mm]  | 1216   | Dimensione $a_2$ del "nodo 1"   |
| $\beta + \psi - 90^\circ$                                 | [rad] | -0.08  | Angolo tra faccia $a_2$ e faccia ortogonale al puntone  |
| $a_2'$  | [mm]  | 1211   | Dimensione $a_2$ proiettata sulla perpendicolare al puntone   |



| Azione sul tirante |      |      |  |
|--------------------|------|------|--|
| $F_{id}$           | [kN] | 1651 | Trazione sul tirante (barre superiori), escluso $H_{ed}$   |
| $F_{t,Ed}$         | [kN] | 1701 | Trazione di progetto totale sul tirante: $F_{id} + H_{ed}$ |

## VERIFICA A FESSURAZIONE

|     |        |    |                        |
|-----|--------|----|------------------------|
| Ted | 1701.0 | kN | Azione di progetto SLE |
|-----|--------|----|------------------------|

|          |         |     |                                  |
|----------|---------|-----|----------------------------------|
| Tipo cls | C32/40  |     |                                  |
| fck      | 32      | MPa |                                  |
| fcm      | 40      | MPa |                                  |
| Es       | 210000  | MPa | Modulo elastico acciaio          |
| Ecm      | 33345.8 | MPa | Modulo elastico cls              |
| fctm     | 3.02    | MPa | Resistenza a trazione media cls  |
| αe       | 6.30    |     | Es/Ecm                           |
| kt       | 0.4     |     | Fattore per la durata del carico |

|    |         |                 |                             |
|----|---------|-----------------|-----------------------------|
| As | 14137.2 | mm <sup>2</sup> | Area di acciaio teso        |
| σs | 120.3   | MPa             | Tensione nell'armatura tesa |

|        |       |   |  |
|--------|-------|---|--|
| h      | 6     | m | Altezza pulvino                                |
| b      | 2     | m | Larghezza pulvino direzione trasversale        |
| c*     | 0.102 | m | Distanza intradosso pulvino - asse tirante     |
| d      | 5.898 | m | Altezza utile                                  |
| hc,ef  | 0.255 | m | Altezza dell'area efficace di cls teso         |
| Ac,eff | 0.51  | m | Area efficace di cls teso attorno all'armatura |
| peff   | 0.028 |   | Rapporto geometrico d'armatura                 |

|     |         |  |  |
|-----|---------|--|--|
| εsm | 0.00034 |  | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura |
|-----|---------|--|--|

|     |       |    |                               |
|-----|-------|----|-------------------------------|
| k1  | 0.8   |    | Barre ad aderenza migliorata  |
| k2  | 0.50  |    | Flessione                     |
| k3  | 3.4   |    |                               |
| k4  | 0.425 |    |                               |
| c   | 0.057 | m  | Ricoprimento dell'armatura    |
| φ   | 30    | mm | Diametro armatura             |
| Δsm | 222.2 | mm | Distanza media tra le fessure |

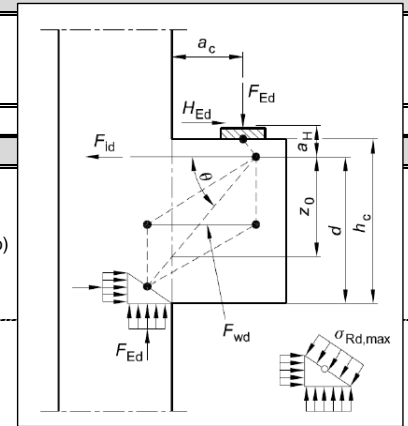
|      |       |    |                                       |
|------|-------|----|---------------------------------------|
| wk   | 0.130 | mm | Ampiezza caratteristica delle fessure |
| wmax | 0.3   | mm | Ampiezza limite delle fessure         |
| FS   | 2.31  |    | Fattore di sicurezza                  |

• VERIFICA SLE A FESSURAZIONE (COMB. Q.P.)

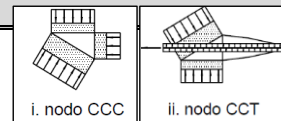
| Proprietà dei materiali |       |       |  |
|-------------------------|-------|-------|--|
| $f_{ck}$                | [MPa] | 32.0  |  |
| $f_{cd}$                | [MPa] | 18.13 |  |
| $f_{vd}$                | [MPa] | 391.3 |  |

| Azioni di progetto |       |      |   |
|--------------------|-------|------|---|
| $V_{ed}$           | [kN]  | 5100 | Forza verticale di progetto                                 |
| $H_{ed}$           | [kN]  | 50   | Forza orizzontale di progetto                               |
| $\alpha$           | [rad] | 0.01 | Inclinazione rispetto alla verticale della forza risultante |

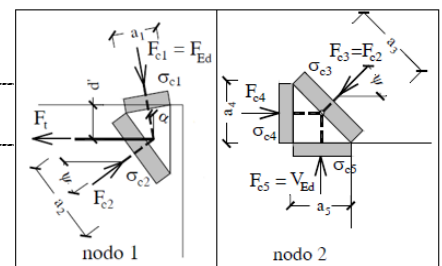
| Dati geometrici |      |      |  |
|-----------------|------|------|--|
| $a_c$           | [mm] | 1000 | Braccio della forza rispetto faccia esterna                    |
| $B$             | [mm] | 1200 | Larghezza della mensola tozza (larghezza del pulvino)          |
| $h_c$           | [mm] | 6000 | Altezza della mensola tozza (altezza del pulvino all'incastro) |
| $b$             | [mm] | 1000 | Dimensione trasversale del nodo 1 (larghezza baggio)           |
| $c$             | [mm] | 1200 | Larghezza (parallela al pulvino) del baggio                    |
| $d'$            | [mm] | 102  | Distanza tra baricentro armature ed estradosso pulvino         |
| $s$             | [mm] | 750  | Altezza baggioli + metà appoggio                               |
| $a_h$           | [mm] | 852  | Altezza $a_h = d' + s$   |
| $d$             | [mm] | 5898 | Altezza utile della sezione                                    |



| Massime tensioni che possono sopportare i nodi |       |      |   |
|--|-------|------|---|
| $k_1$  | [-]   | 1.00 | Coefficiente $k_1$ (UNI EN 1992-1-1 §6.5.4)   |
| $k_2$  | [-]   | 0.85 | Coefficiente $k_2$ (UNI EN 1992-1-1 §6.5.4)   |
| $v'$   | [-]   | 0.87 | Coefficiente $v' = 1 - f_{ck}/250$  |
| $\sigma_{1Rd,max}$                             | [Mpa] | 15.8 | Massima tensione applicabile ad un nodo nel quale non è ancorato nessun tirante (CCC) = $k_1 * v' * f_{cd}$ |
| $\sigma_{2Rd,max}$                             | [Mpa] | 13.4 | Massima tensione applicabile ad un nodo nel quale è ancorato un solo tirante (CCT) = $k_2 * v' * f_{cd}$    |



| Individuazione della geometria e della posizione dei nodi |       |        |   |
|---|-------|--------|---|
| $a_5$   | [mm]  | 269    | Larghezza orizzontale del "nodo 2": $a_5 = V_{ed}/(\sigma_{c5} B)$ . (Imponendo $\sigma_{c5} = \sigma_{1,Rd}$ ) |
| $a$   | [mm]  | 1134   | Distanza orizzontale tra punto applicazione carichi e "nodo 2": $a = a_c + a_5/2$                               |
| $e$   | [mm]  | 8      | Distanza orizzontale del "nodo 1" dal punto applicazione del carico   |
| $a'$  | [mm]  | 1143   | Braccio interno delle forze $a' = a + e$ (momento sollecitante)   |
| $z$   | [mm]  | 4718.4 | Braccio interno delle forze resistenti (assunto = 0.8d)   |
| $a_4$   | [mm]  | 2359.2 | Altezza "nodo 2": $a_4 = 0.4 * d$ (conseguenza di $z = 0.8d$ )  |
| $a_3$   | [mm]  | 2374   | Larghezza del lato inclinato del nodo 2   |
| $\psi$  | [rad] | 1.33   | Angolo di inclinazione del puntone (rispetto orizzontale)   |
| $\tan \psi$   | [-]   | 4.13   | Tangente di " $\psi$ "  |
| $a_1$   | [mm]  | 1200   | Dimensione $a_1$ del "nodo 1" (= $b \cos \alpha$ )  |
| $\beta$   | [rad] | 0.16   | Inclinazione della faccia $a_1$ rispetto all'orizzontale  |
| $a_2$   | [mm]  | 1215   | Dimensione $a_2$ del "nodo 1"   |
| $\beta + \psi - 90^\circ$                                 | [rad] | -0.08  | Angolo tra faccia $a_2$ e faccia ortogonale al puntone  |
| $a_2'$  | [mm]  | 1211   | Dimensione $a_2$ proiettata sulla perpendicolare al puntone   |



| Azione sul tirante |      |      |  |
|--------------------|------|------|--|
| $F_{id}$           | [kN] | 1235 | Trazione sul tirante (barre superiori), escluso $H_{ed}$   |
| $F_{t,Ed}$         | [kN] | 1285 | Trazione di progetto totale sul tirante: $F_{id} + H_{ed}$ |

## VERIFICA A FESSURAZIONE

|     |        |    |                        |
|-----|--------|----|------------------------|
| Ted | 1285.0 | kN | Azione di progetto SLE |
|-----|--------|----|------------------------|

|            |         |     |                                  |
|------------|---------|-----|----------------------------------|
| Tipo cls   | C32/40  |     |                                  |
| fck        | 32      | MPa |                                  |
| fcm        | 40      | MPa |                                  |
| Es         | 210000  | MPa | Modulo elastico acciaio          |
| Ecm        | 33345.8 | MPa | Modulo elastico cls              |
| fctm       | 3.02    | MPa | Resistenza a trazione media cls  |
| $\alpha_e$ | 6.30    |     | Es/Ecm                           |
| kt         | 0.4     |     | Fattore per la durata del carico |

|            |         |                 |                             |
|------------|---------|-----------------|-----------------------------|
| As         | 14137.2 | mm <sup>2</sup> | Area di acciaio teso        |
| $\sigma_s$ | 90.9    | MPa             | Tensione nell'armatura tesa |

|        |       |   |  |
|--------|-------|---|--|
| h      | 6     | m | Altezza pulvino                                |
| b      | 2     | m | Larghezza pulvino direzione trasversale        |
| c*     | 0.102 | m | Distanza intradosso pulvino - asse tirante     |
| d      | 5.898 | m | Altezza utile                                  |
| hc,ef  | 0.255 | m | Altezza dell'area efficace di cls teso         |
| Ac,eff | 0.51  | m | Area efficace di cls teso attorno all'armatura |
| peff   | 0.028 |   | Rapporto geometrico d'armatura                 |

|     |         |  |  |
|-----|---------|--|--|
| esm | 0.00026 |  | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura |
|-----|---------|--|--|

|              |       |    |                               |
|--------------|-------|----|-------------------------------|
| k1           | 0.8   |    | Barre ad aderenza migliorata  |
| k2           | 0.50  |    | Flessione                     |
| k3           | 3.4   |    |                               |
| k4           | 0.425 |    |                               |
| c            | 0.057 | m  | Ricoprimento dell'armatura    |
| $\phi$       | 30    | mm | Diametro armatura             |
| $\Delta s_m$ | 222.2 | mm | Distanza media tra le fessure |

|      |       |    |                                       |
|------|-------|----|---------------------------------------|
| wk   | 0.098 | mm | Ampiezza caratteristica delle fessure |
| wmax | 0.2   | mm | Ampiezza limite delle fessure         |
| FS   | 2.04  |    | Fattore di sicurezza                  |

## 7.6 VERIFICA DEL SISTEMA DI FONDAZIONE

Le pile hanno una fondazione su 6 pali  $\Phi 1200$ , con dimensioni del plinto di  $6.0 \times 9.60 \times 2.0$  m. Le coordinate dei pali, rispetto al baricentro del plinto di fondazione, sono riportate di seguito; il sistema di riferimento adottato fa riferimento alle seguenti direzioni:

- X: Direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto
- Y: Direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

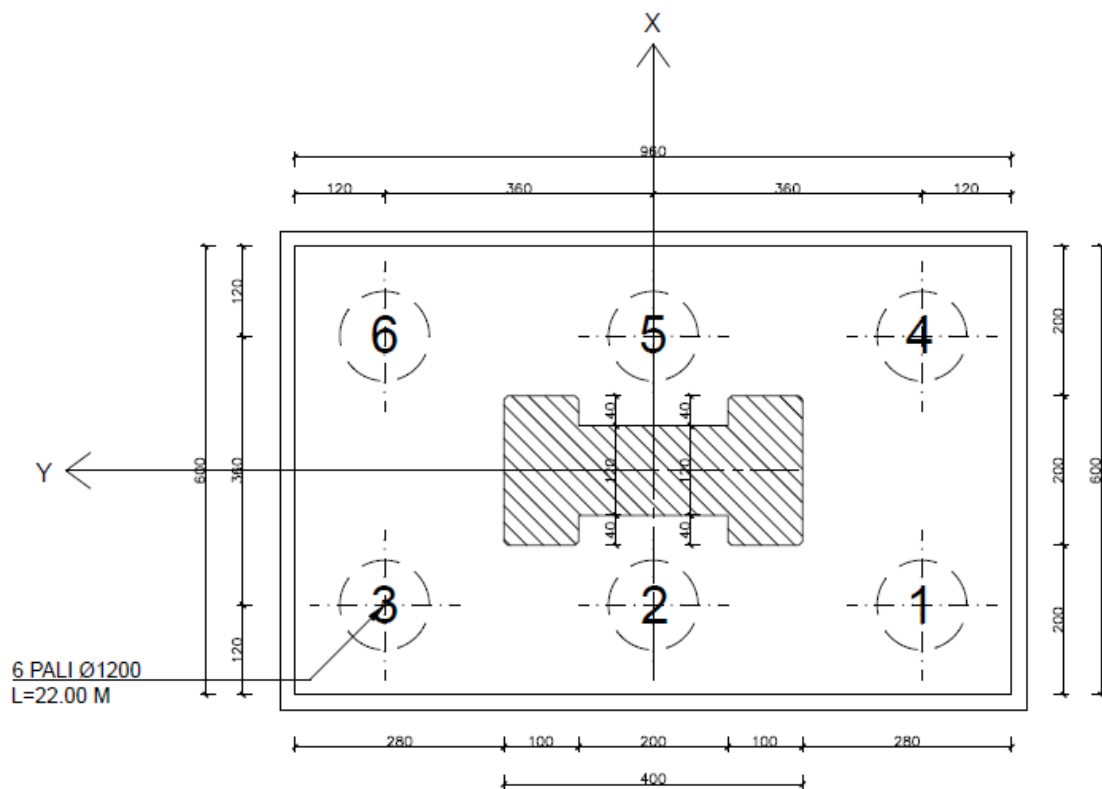


Figura 90 – Numerazione pali del plinto di fondazione delle pile

| Palo  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5    | 6    |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| x (m) | -1.80 | -1.80 | -1.80 | 1.80  | 1.80 | 1.80 |
| y (m) | -3.60 | 0.00  | 3.60  | -3.60 | 0.00 | 3.60 |

### 7.6.1 Sollecitazioni agenti

Per le combinazioni di carico, sia statiche che sismiche, le sollecitazioni ad intradosso plinto sono state ottenute a partire da quelle indotte a base pila, tenendo conto del peso del plinto di fondazione e dell'eccentricità tra la sezione di spiccato e quella di intradosso del plinto (spessore della fondazione).

Alle sole sollecitazioni sismiche base pila, di progetto per il calcolo del plinto, va sommata la forza di inerzia relativa al plinto di fondazione, sottoposto all'accelerazione al suolo, considerando un moto rigido solidale a quello del terreno.

Di seguito sono sintetizzate le sollecitazioni ad intradosso plinto ricavate per le combinazioni ritenute significative, ovvero quelle che massimizzano e minimizzano gli sforzi assiali, i tagli e i momenti flettenti.

Si riportano esclusivamente le sollecitazioni delle pile P1 e P8, in quanto sono le pile rispettivamente con il massimo sforzo di trazione e di compressione sui pali d'angolo; sono quindi le pile che determinano il dimensionamento di tutti i plinti di fondazione del viadotto in esame.

#### Plinto di fondazione pila P1

|                |       |                   |  |
|----------------|-------|-------------------|--|
| L long         | 6     | m                 | <i>Larghezza in direzione longitudinale</i>    |
| L trasv        | 9.6   | m                 | <i>Larghezza in direzione trasversale</i>      |
| h              | 2     | m                 | <i>Altezza plinto</i>                          |
| V              | 115.2 | m <sup>3</sup>    | <i>Volume</i>                                  |
| $\gamma_{cls}$ | 25    | kN/m <sup>3</sup> | <i>Densità cls</i>                             |
| P              | 2880  | kN                | <i>Peso plinto</i>                             |
| kh             | 0.265 |                   | <i>Coeff. Sismico orizzontale</i>              |
| kv             | 0.132 |                   | <i>Coeff. Sismico verticale</i>                |
| Inerzia h      | 762.7 | kN                | <i>Forza di inerzia orizzontale fondazione</i> |
| Inerzia v      | 381.3 | kN                | <i>Forza di inerzia verticale fondazione</i>   |

| Stato limite | SLV   |   |  |
|--------------|-------|---|--|
| ag           | 0.225 | g | acc. orizz. massima attesa su sito di rif rigido             |
| Cat. Sott.   | B     |   | categoria del sottosuolo                                     |
| F0           | 2.483 |   | fattore per l'amplif. spettrale mass su sito di rif rigido   |
| Ss           | 1.177 |   | coeff per l'effetto dell'amplif stratigrafica                |
| St           | 1     |   | coeff per l'effetto dell'amplif topografica                  |
| bm           | 1     |   | coeff di riduzione dell'acc max attesa al sito               |
| $\psi$       | 90    | ° | ang. di incl. rispetto all'orizz del param. del muro         |
| $\beta$      | 0     | ° | ang. di incl. rispetto all'orizz della superf del terrapieno |
| $\beta_m$    | 1     |   |  |
| kh           | 0.265 |   | Coeff sismico orizzontale                                    |
| kv           | 0.132 |   | Coeff sismico verticale                                      |

|        |        | SLU  |         |        |         |          |          |       |
|--------|--------|------|---------|--------|---------|----------|----------|-------|
|        |        | COMB | Fx      | Fy     | Fz      | Mx       | My       | Mz    |
|        |        |      | [kN]    | [kN]   | [kN]    | [kNm]    | [kNm]    | [kNm] |
| Fx_max | SLU_35 |      | 1163.8  | -472.4 | 20509.3 | -14043.4 | 15081.5  | 1.1   |
| Fy_max | SLU_8  |      | 664.5   | 855.3  | 21045.6 | 22427.0  | 8087.7   | -39.4 |
| Fz_max | SLU_28 |      | -489.1  | -535.7 | 24363.8 | -1372.4  | -8031.5  | 3.3   |
| Mx_max | SLU_8  |      | 664.5   | 855.3  | 21045.6 | 22427.0  | 8087.7   | -39.4 |
| My_max | SLU_35 |      | 1163.8  | -472.4 | 20509.3 | -14043.4 | 15081.5  | 1.1   |
| Mz_max | SLU_30 |      | -497.6  | -521.2 | 23165.9 | -19709.9 | -8182.8  | 43.8  |
| Fx_min | SLU_18 |      | -1042.8 | 469.6  | 21675.1 | 15328.3  | -15317.2 | -1.5  |
| Fy_min | SLU_34 |      | -353.6  | -857.1 | 21860.8 | -20475.5 | -6971.6  | 39.1  |
| Fz_min | SLU_1  |      | 629.5   | 511.1  | 18300.4 | 9232.5   | 8079.0   | -15.8 |
| Mx_min | SLU_34 |      | -353.6  | -857.1 | 21860.8 | -20475.5 | -6971.6  | 39.1  |
| My_min | SLU_18 |      | -1042.8 | 469.6  | 21675.1 | 15328.3  | -15317.2 | -1.5  |
| Mz_min | SLU_7  |      | 624.2   | 422.4  | 20674.7 | 14133.0  | 8019.1   | -52.6 |

|        |        | SLV  |        |        |         |         |         |       |
|--------|--------|------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|
|        |        | COMB | Fx     | Fy     | Fz      | Mx      | My      | Mz    |
|        |        |      | [kN]   | [kN]   | [kN]    | [kNm]   | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max | SLV_1  |      | 1961.8 | 683.9  | 13733.6 | 9476.3  | 24918.5 | 26.2  |
| Fy_max | SLV_17 |      | 1080.9 | 1469.4 | 13724.7 | 20649.1 | 13615.7 | 50.6  |
| Fz_max | SLV_33 |      | 878.9  | 506.0  | 14626.4 | 7114.8  | 11337.2 | 15.6  |
| Mx_max | SLV_17 |      | 1080.9 | 1469.4 | 13724.7 | 20649.1 | 13615.7 | 50.6  |

|        |        |         |         |         |          |          |       |
|--------|--------|---------|---------|---------|----------|----------|-------|
| My_max | SLV_1  | 1961.8  | 683.9   | 13733.6 | 9476.3   | 24918.5  | 26.2  |
| Mz_max | SLV_25 | 296.5   | 1446.9  | 14277.7 | 20490.8  | 2634.7   | 66.0  |
| Fx_min | SLV_16 | -2122.4 | -686.7  | 13432.8 | -9289.6  | -27148.0 | -21.1 |
| Fy_min | SLV_32 | -1241.5 | -1472.2 | 13441.6 | -20462.4 | -15845.1 | -45.4 |
| Fz_min | SLV_8  | -1338.0 | -664.2  | 12879.8 | -9131.3  | -16167.0 | -36.4 |
| Mx_min | SLV_32 | -1241.5 | -1472.2 | 13441.6 | -20462.4 | -15845.1 | -45.4 |
| My_min | SLV_16 | -2122.4 | -686.7  | 13432.8 | -9289.6  | -27148.0 | -21.1 |
| Mz_min | SLV_24 | -457.1  | -1449.8 | 12888.7 | -20304.1 | -4864.1  | -60.8 |

| SLE RARA |             |        |        |         |          |          |       |
|----------|-------------|--------|--------|---------|----------|----------|-------|
|          | COMB        | Fx     | Fy     | Fz      | Mx       | My       | Mz    |
|          |             | [kN]   | [kN]   | [kN]    | [kNm]    | [kNm]    | [kNm] |
| Fx_max   | SLE rara_35 | 769.8  | -317.8 | 14576.5 | -8593.5  | 9981.6   | -1.4  |
| Fy_max   | SLE rara_8  | 442.8  | 570.0  | 15313.9 | 15371.9  | 5389.8   | -27.2 |
| Fz_max   | SLE rara_10 | -478.0 | 314.0  | 17785.8 | 12331.1  | -7163.2  | -10.6 |
| Mx_max   | SLE rara_8  | 442.8  | 570.0  | 15313.9 | 15371.9  | 5389.8   | -27.2 |
| My_max   | SLE rara_35 | 769.8  | -317.8 | 14576.5 | -8593.5  | 9981.6   | -1.4  |
| Mz_max   | SLE rara_30 | -372.3 | -351.2 | 16529.2 | -12748.4 | -6011.5  | 28.7  |
| Fx_min   | SLE rara_18 | -730.7 | 312.1  | 15790.3 | 10649.0  | -10707.1 | -1.0  |
| Fy_min   | SLE rara_34 | -280.7 | -577.2 | 15282.6 | -12099.0 | -5256.6  | 22.7  |
| Fz_min   | SLE rara_19 | 531.4  | -335.8 | 12938.6 | -5404.0  | 6648.4   | -0.8  |
| Mx_min   | SLE rara_30 | -372.3 | -351.2 | 16529.2 | -12748.4 | -6011.5  | 28.7  |
| My_min   | SLE rara_18 | -730.7 | 312.1  | 15790.3 | 10649.0  | -10707.1 | -1.0  |
| Mz_min   | SLE rara_7  | 415.6  | 274.3  | 15066.7 | 9722.1   | 5340.3   | -37.4 |

| SLE FREQUENTE |             |        |       |         |         |         |       |
|---------------|-------------|--------|-------|---------|---------|---------|-------|
|               | COMB        | Fx     | Fy    | Fz      | Mx      | My      | Mz    |
|               |             | [kN]   | [kN]  | [kN]    | [kNm]   | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max        | SLE freq_9  | 372.8  | 11.7  | 13282.2 | 194.3   | 5228.1  | -6.2  |
| Fy_max        | SLE freq_4  | 316.8  | 12.1  | 14697.0 | -3874.0 | 4438.3  | 0.8   |
| Fz_max        | SLE freq_6  | -464.2 | -17.4 | 15691.4 | 2995.6  | -6481.9 | 2.4   |
| Mx_max        | SLE freq_3  | 320.7  | 6.8   | 14719.6 | 4237.2  | 4507.3  | -15.9 |
| My_max        | SLE freq_9  | 372.8  | 11.7  | 13282.2 | 194.3   | 5228.1  | -6.2  |
| Mz_max        | SLE freq_8  | -467.7 | -10.4 | 15249.9 | -4032.4 | -6542.7 | 16.2  |
| Fx_min        | SLE freq_10 | -533.3 | -14.5 | 13889.0 | -5.3    | -7455.6 | 11.4  |
| Fy_min        | SLE freq_6  | -464.2 | -17.4 | 15691.4 | 2995.6  | -6481.9 | 2.4   |



|        |             |        |       |         |         |         |       |
|--------|-------------|--------|-------|---------|---------|---------|-------|
| Fz_min | SLE freq_1  | 316.2  | 5.2   | 13115.2 | -256.9  | 4434.9  | -3.9  |
| Mx_min | SLE freq_8  | -467.7 | -10.4 | 15249.9 | -4032.4 | -6542.7 | 16.2  |
| My_min | SLE freq_10 | -533.3 | -14.5 | 13889.0 | -5.3    | -7455.6 | 11.4  |
| Mz_min | SLE freq_3  | 320.7  | 6.8   | 14719.6 | 4237.2  | 4507.3  | -15.9 |

| SLE QUASI PERMANENTE |          |        |       |         |       |         |       |
|----------------------|----------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                      | COMB     | Fx     | Fy    | Fz      | Mx    | My      | Mz    |
|                      |          | [kN]   | [kN]  | [kN]    | [kNm] | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max               | SLE QP_1 | 311.9  | 9.8   | 13306.7 | 172.5 | 4375.8  | -5.1  |
| Fy_max               | SLE QP_1 | 311.9  | 9.8   | 13306.7 | 172.5 | 4375.8  | -5.1  |
| Fz_max               | SLE QP_2 | -472.5 | -12.7 | 13859.7 | 14.2  | -6605.2 | 10.3  |
| Mx_max               | SLE QP_1 | 311.9  | 9.8   | 13306.7 | 172.5 | 4375.8  | -5.1  |
| My_max               | SLE QP_1 | 311.9  | 9.8   | 13306.7 | 172.5 | 4375.8  | -5.1  |
| Mz_max               | SLE QP_2 | -472.5 | -12.7 | 13859.7 | 14.2  | -6605.2 | 10.3  |
| Fx_min               | SLE QP_2 | -472.5 | -12.7 | 13859.7 | 14.2  | -6605.2 | 10.3  |
| Fy_min               | SLE QP_2 | -472.5 | -12.7 | 13859.7 | 14.2  | -6605.2 | 10.3  |
| Fz_min               | SLE QP_1 | 311.9  | 9.8   | 13306.7 | 172.5 | 4375.8  | -5.1  |
| Mx_min               | SLE QP_2 | -472.5 | -12.7 | 13859.7 | 14.2  | -6605.2 | 10.3  |
| My_min               | SLE QP_2 | -472.5 | -12.7 | 13859.7 | 14.2  | -6605.2 | 10.3  |
| Mz_min               | SLE QP_1 | 311.9  | 9.8   | 13306.7 | 172.5 | 4375.8  | -5.1  |

### Plinto di fondazione pila P8

|                |       |                   |   |
|----------------|-------|-------------------|---|
| L long         | 6     | m                 | Larghezza in direzione longitudinale    |
| L trasv        | 9.6   | m                 | Larghezza in direzione trasversale      |
| h              | 2     | m                 | Altezza plinto                          |
| V              | 115.2 | m <sup>3</sup>    | Volume                                  |
| $\gamma_{cls}$ | 25    | kN/m <sup>3</sup> | Densità cls                             |
| P              | 2880  | kN                | Peso plinto                             |
| kh             | 0.265 |                   | Coeff. Sismico orizzontale              |
| kv             | 0.132 |                   | Coeff. Sismico verticale                |
| Inerzia h      | 762.7 | kN                | Forza di inerzia orizzontale fondazione |
| Inerzia v      | 381.3 | kN                | Forza di inerzia verticale fondazione   |

|              |     |
|--------------|-----|
| Stato limite | SLV |
|--------------|-----|

|            |       |   |  |
|------------|-------|---|--|
| ag         | 0.225 | g | acc. orizz. massima attesa su sito di rif rigido             |
| Cat. Sott. | B     |   | categoria del sottosuolo                                     |
| F0         | 2.483 |   | fattore per l'amplif. spettrale mass su sito di rif rigido   |
| Ss         | 1.177 |   | coeff per l'effetto dell'amplif stratigrafica                |
| St         | 1     |   | coeff per l'effetto dell'amplif topografica                  |
| bm         | 1     |   | coeff di riduzione dell'acc max attesa al sito               |
| $\psi$     | 90    | ° | ang. di incl. rispetto all'orizz del param. del muro         |
| $\beta$    | 0     | ° | ang. di incl. rispetto all'orizz della superf del terrapieno |
| $\beta_m$  | 1     |   |  |
| kh         | 0.265 |   | Coeff sismico orizzontale                                    |
| kv         | 0.132 |   | Coeff sismico verticale                                      |

|        |        | SLU  |        |         |         |          |         |       |
|--------|--------|------|--------|---------|---------|----------|---------|-------|
|        |        | COMB | Fx     | Fy      | Fz      | Mx       | My      | Mz    |
|        |        |      | [kN]   | [kN]    | [kN]    | [kNm]    | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max | SLU_18 |      | 653.8  | 559.5   | 24272.8 | 18433.1  | 9971.8  | -1.4  |
| Fy_max | SLU_8  |      | 75.6   | 1014.9  | 24643.0 | 28736.5  | -614.3  | 4.0   |
| Fz_max | SLU_10 |      | 495.0  | 571.7   | 27398.0 | 21191.0  | 7271.6  | -0.7  |
| Mx_max | SLU_8  |      | 75.6   | 1014.9  | 24643.0 | 28736.5  | -614.3  | 4.0   |
| My_max | SLU_18 |      | 653.8  | 559.5   | 24272.8 | 18433.1  | 9971.8  | -1.4  |
| Mz_max | SLU_8  |      | 75.6   | 1014.9  | 24643.0 | 28736.5  | -614.3  | 4.0   |
| Fx_min | SLU_35 |      | -258.4 | -564.8  | 24214.9 | -17290.6 | -5799.2 | -0.5  |
| Fy_min | SLU_34 |      | 527.2  | -1021.0 | 24659.7 | -26794.9 | 6627.5  | -5.8  |
| Fz_min | SLU_19 |      | -108.7 | -579.8  | 21643.8 | -12589.3 | -3250.9 | -3.8  |
| Mx_min | SLU_34 |      | 527.2  | -1021.0 | 24659.7 | -26794.9 | 6627.5  | -5.8  |
| My_min | SLU_35 |      | -258.4 | -564.8  | 24214.9 | -17290.6 | -5799.2 | -0.5  |
| Mz_min | SLU_32 |      | 335.8  | -624.4  | 21957.4 | -13251.6 | 4305.6  | -7.2  |

|        |        | SLV  |        |        |         |         |         |       |
|--------|--------|------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|
|        |        | COMB | Fx     | Fy     | Fz      | Mx      | My      | Mz    |
|        |        |      | [kN]   | [kN]   | [kN]    | [kNm]   | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max | SLV_9  |      | 1788.3 | 559.4  | 16195.0 | 9737.8  | 27331.5 | 16.9  |
| Fy_max | SLV_17 |      | 376.3  | 1760.0 | 16173.8 | 30625.0 | 5528.3  | 50.7  |
| Fz_max | SLV_33 |      | 361.7  | 550.0  | 17071.4 | 9661.9  | 5207.6  | 16.6  |
| Mx_max | SLV_17 |      | 376.3  | 1760.0 | 16173.8 | 30625.0 | 5528.3  | 50.7  |
| My_max | SLV_9  |      | 1788.3 | 559.4  | 16195.0 | 9737.8  | 27331.5 | 16.9  |

|        |        |         |         |         |          |          |       |
|--------|--------|---------|---------|---------|----------|----------|-------|
| Mz_max | SLV_17 | 376.3   | 1760.0  | 16173.8 | 30625.0  | 5528.3   | 50.7  |
| Fx_min | SLV_8  | -1711.9 | -563.7  | 15375.8 | -9814.9  | -26047.6 | -17.8 |
| Fy_min | SLV_32 | -299.9  | -1764.4 | 15396.9 | -30702.1 | -4244.4  | -51.6 |
| Fz_min | SLV_8  | -1711.9 | -563.7  | 15375.8 | -9814.9  | -26047.6 | -17.8 |
| Mx_min | SLV_32 | -299.9  | -1764.4 | 15396.9 | -30702.1 | -4244.4  | -51.6 |
| My_min | SLV_8  | -1711.9 | -563.7  | 15375.8 | -9814.9  | -26047.6 | -17.8 |
| Mz_min | SLV_32 | -299.9  | -1764.4 | 15396.9 | -30702.1 | -4244.4  | -51.6 |

| SLE RARA |             |        |        |         |          |         |       |
|----------|-------------|--------|--------|---------|----------|---------|-------|
|          | COMB        | Fx     | Fy     | Fz      | Mx       | My      | Mz    |
|          |             | [kN]   | [kN]   | [kN]    | [kNm]    | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max   | SLE rara_18 | 450.9  | 371.8  | 17697.5 | 12692.8  | 6903.8  | -1.0  |
| Fy_max   | SLE rara_8  | 51.2   | 676.5  | 17945.0 | 19600.4  | -396.0  | 2.6   |
| Fz_max   | SLE rara_10 | 344.7  | 379.9  | 20013.2 | 14714.4  | 5097.1  | -0.6  |
| Mx_max   | SLE rara_8  | 51.2   | 676.5  | 17945.0 | 19600.4  | -396.0  | 2.6   |
| My_max   | SLE rara_18 | 450.9  | 371.8  | 17697.5 | 12692.8  | 6903.8  | -1.0  |
| Mz_max   | SLE rara_8  | 51.2   | 676.5  | 17945.0 | 19600.4  | -396.0  | 2.6   |
| Fx_min   | SLE rara_35 | -169.3 | -375.1 | 17251.3 | -10624.2 | -3820.0 | -0.6  |
| Fy_min   | SLE rara_34 | 370.1  | -679.6 | 17275.5 | -16110.1 | 4728.6  | -4.3  |
| Fz_min   | SLE rara_19 | -69.9  | -385.3 | 15346.0 | -7120.8  | -2126.5 | -2.9  |
| Mx_min   | SLE rara_34 | 370.1  | -679.6 | 17275.5 | -16110.1 | 4728.6  | -4.3  |
| My_min   | SLE rara_35 | -169.3 | -375.1 | 17251.3 | -10624.2 | -3820.0 | -0.6  |
| Mz_min   | SLE rara_32 | 233.1  | -416.2 | 15575.7 | -7569.5  | 3024.2  | -5.3  |

| SLE FREQUENTE |             |        |       |         |        |         |       |
|---------------|-------------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|
|               | COMB        | Fx     | Fy    | Fz      | Mx     | My      | Mz    |
|               |             | [kN]   | [kN]  | [kN]    | [kNm]  | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max        | SLE freq_10 | 227.7  | -17.6 | 15794.1 | -421.1 | 3863.2  | -1.5  |
| Fy_max        | SLE freq_9  | -151.4 | 13.2  | 15776.7 | 342.8  | -2580.8 | 0.6   |
| Fz_max        | SLE freq_6  | 199.9  | -18.1 | 17735.3 | 2792.8 | 3390.9  | -1.6  |
| Mx_max        | SLE freq_3  | -127.5 | 10.2  | 17266.6 | 4675.5 | -2172.5 | 0.3   |
| My_max        | SLE freq_10 | 227.7  | -17.6 | 15794.1 | -421.1 | 3863.2  | -1.5  |
| Mz_max        | SLE freq_9  | -151.4 | 13.2  | 15776.7 | 342.8  | -2580.8 | 0.6   |
| Fx_min        | SLE freq_9  | -151.4 | 13.2  | 15776.7 | 342.8  | -2580.8 | 0.6   |
| Fy_min        | SLE freq_6  | 199.9  | -18.1 | 17735.3 | 2792.8 | 3390.9  | -1.6  |
| Fz_min        | SLE freq_1  | -127.8 | 10.9  | 15559.7 | -44.2  | -2180.4 | -1.0  |

|        |            |        |       |         |         |         |      |
|--------|------------|--------|-------|---------|---------|---------|------|
| Mx_min | SLE freq_8 | 200.6  | -14.2 | 17273.7 | -4725.9 | 3399.4  | -1.8 |
| My_min | SLE freq_9 | -151.4 | 13.2  | 15776.7 | 342.8   | -2580.8 | 0.6  |
| Mz_min | SLE freq_5 | 199.9  | -15.8 | 15573.7 | -713.0  | 3391.6  | -2.8 |

| SLE QUASI PERMANENTE |          |        |       |         |        |         |       |
|----------------------|----------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|
|                      | COMB     | Fx     | Fy    | Fz      | Mx     | My      | Mz    |
|                      |          | [kN]   | [kN]  | [kN]    | [kNm]  | [kNm]   | [kNm] |
| Fx_max               | SLE QP_2 | 202.1  | -15.5 | 15792.4 | -372.9 | 3428.0  | -1.4  |
| Fy_max               | SLE QP_1 | -125.7 | 11.1  | 15778.4 | 295.9  | -2144.0 | 0.5   |
| Fz_max               | SLE QP_2 | 202.1  | -15.5 | 15792.4 | -372.9 | 3428.0  | -1.4  |
| Mx_max               | SLE QP_1 | -125.7 | 11.1  | 15778.4 | 295.9  | -2144.0 | 0.5   |
| My_max               | SLE QP_2 | 202.1  | -15.5 | 15792.4 | -372.9 | 3428.0  | -1.4  |
| Mz_max               | SLE QP_1 | -125.7 | 11.1  | 15778.4 | 295.9  | -2144.0 | 0.5   |
| Fx_min               | SLE QP_1 | -125.7 | 11.1  | 15778.4 | 295.9  | -2144.0 | 0.5   |
| Fy_min               | SLE QP_2 | 202.1  | -15.5 | 15792.4 | -372.9 | 3428.0  | -1.4  |
| Fz_min               | SLE QP_1 | -125.7 | 11.1  | 15778.4 | 295.9  | -2144.0 | 0.5   |
| Mx_min               | SLE QP_2 | 202.1  | -15.5 | 15792.4 | -372.9 | 3428.0  | -1.4  |
| My_min               | SLE QP_1 | -125.7 | 11.1  | 15778.4 | 295.9  | -2144.0 | 0.5   |
| Mz_min               | SLE QP_2 | 202.1  | -15.5 | 15792.4 | -372.9 | 3428.0  | -1.4  |

Per ricavare le sollecitazioni assiali agenti nei pali di fondazione è stato considerato un modello di plinto rigido, in cui l'azione assiale nei pali viene valutata assumendo una rotazione rigida del plinto (palo impedito di ruotare in testa).

Lo sforzo normale sui pali è stato calcolato con la seguente relazione:

$$N_{Ed,palo} = N_{tot}/n_{pali} \pm M_{Ed,x} \cdot dy_i/dy_i^2 \pm M_{Ed,y} \cdot dx_i/dx_i^2$$

Il taglio è stato distribuito in maniera uniforme sui pali con la seguente relazione:

$$V_{Edx,palo} = V_{tot,x}/n_{pali}$$

$$V_{Edy,palo} = V_{tot,y}/n_{pali}$$

È stato poi calcolato il taglio risultante sul singolo palo:

$$V_{ris,palo} = \sqrt{V_{Edx}^2 + V_{Edy}^2}$$

Pali di fondazione pila P1

|         | Nmin<br>kN | Nmax<br>kN | Vris max<br>kN |
|---------|------------|------------|----------------|
| SLU/SLV | -6233      | 920        | 372            |
| SLE_R   | -4501      | -901       | 139            |
| SLE_F   | -3428      | -1643      | 89             |
| SLE_QP  | -2923      | -1697      | 79             |

| SLU/SLV  |         |         |              |         |         |            |            |        |
|----------|---------|---------|--------------|---------|---------|------------|------------|--------|
|          | N1 [kN] | N2 [kN] | N3 [kN]      | N4 [kN] | N5 [kN] | N6 [kN]    | V ris [kN] | Comb   |
| N min    | -3358   | -4796   | <b>-6233</b> | -1504   | -2941   | -4378      | 137        | SLU_11 |
| N max    | -5398   | -4752   | -4107        | -370    | 275     | <b>920</b> | 372        | SLV_16 |
| Vris max | -5398   | -4752   | -4107        | -370    | 275     | 920        | <b>372</b> | SLV_16 |

| SLE RARA |         |         |              |             |         |         |            |             |
|----------|---------|---------|--------------|-------------|---------|---------|------------|-------------|
|          | N1 [kN] | N2 [kN] | N3 [kN]      | N4 [kN]     | N5 [kN] | N6 [kN] | V ris [kN] | Comb        |
| N min    | -2471   | -3486   | <b>-4501</b> | -1145       | -2160   | -3175   | 96         | SLE rara_11 |
| N max    | -2884   | -3623   | -4363        | <b>-901</b> | -1640   | -2380   | 132        | SLE rara_18 |
| Vris max | -2585   | -1758   | -932         | -3960       | -3134   | -2307   | <b>139</b> | SLE rara_26 |

| SLE FREQUENTE |         |         |              |         |         |              |            |             |
|---------------|---------|---------|--------------|---------|---------|--------------|------------|-------------|
|               | N1 [kN] | N2 [kN] | N3 [kN]      | N4 [kN] | N5 [kN] | N6 [kN]      | V ris [kN] | Comb        |
| N min         | -2862   | -3145   | <b>-3428</b> | -1663   | -1946   | -2229        | 77         | SLE freq_7  |
| N max         | -2913   | -2884   | -2855        | -1701   | -1672   | <b>-1643</b> | 78         | SLE freq_5  |
| Vris max      | -3006   | -3005   | -3005        | -1625   | -1624   | -1624        | <b>89</b>  | SLE freq_10 |

| SLE QUASI PERMANENTE        |         |         |              |              |         |         |            |          |
|-----------------------------|---------|---------|--------------|--------------|---------|---------|------------|----------|
|                             | N1 [kN] | N2 [kN] | N3 [kN]      | N4 [kN]      | N5 [kN] | N6 [kN] | V ris [kN] | Comb     |
| N min,<br>Nmax,<br>Vris max | -2921   | -2922   | <b>-2923</b> | <b>-1697</b> | -1698   | -1699   | <b>79</b>  | SLE qp_2 |

Pali di fondazione pila P8

|         | Nmin<br>kN | Nmax<br>kN | Vris max<br>kN |
|---------|------------|------------|----------------|
| SLU/SLV | -6836      | 631        | 312            |
| SLE_R   | -4862      | -1126      | 129            |
| SLE_F   | -3522      | -2232      | 38             |
| SLE_QP  | -2975      | -2289      | 34             |

|          | SLU/SLV    |         |         |         |         |              | V ris [kN] | Comb   |
|----------|------------|---------|---------|---------|---------|--------------|------------|--------|
|          | N1 [kN]    | N2 [kN] | N3 [kN] | N4 [kN] | N5 [kN] | N6 [kN]      |            |        |
| N min    | -1387      | -3307   | -5227   | -2996   | -4916   | <b>-6836</b> | 192        | SLU_16 |
| N max    | <b>631</b> | -44     | -719    | -4422   | -5097   | -5772        | 312        | SLV_10 |
| Vris max | 508        | -168    | -845    | -4554   | -5230   | -5906        | <b>312</b> | SLV_9  |

|          | SLE RARA     |         |         |         |         |              | V ris [kN] | Comb        |
|----------|--------------|---------|---------|---------|---------|--------------|------------|-------------|
|          | N1 [kN]      | N2 [kN] | N3 [kN] | N4 [kN] | N5 [kN] | N6 [kN]      |            |             |
| N min    | -1126        | -2434   | -3742   | -2246   | -3554   | <b>-4862</b> | 129        | SLE rara_16 |
| N max    | <b>-1126</b> | -2434   | -3742   | -2246   | -3554   | -4862        | 129        | SLE rara_16 |
| Vris max | -1126        | -2434   | -3742   | -2246   | -3554   | -4862        | <b>129</b> | SLE rara_16 |

|          | SLE FREQUENTE |         |              |              |         |         | V ris [kN] | Comb        |
|----------|---------------|---------|--------------|--------------|---------|---------|------------|-------------|
|          | N1 [kN]       | N2 [kN] | N3 [kN]      | N4 [kN]      | N5 [kN] | N6 [kN] |            |             |
| N min    | -2892         | -2564   | -2236        | <b>-3522</b> | -3194   | -2866   | 34         | SLE freq_8  |
| N max    | -2331         | -2282   | <b>-2232</b> | -2959        | -2910   | -2860   | 33         | SLE freq_5  |
| Vris max | -2304         | -2275   | -2245        | -3019        | -2990   | -2961   | <b>38</b>  | SLE freq_10 |

|                             | SLE QUASI PERMANENTE |         |              |         |              |         | V ris [kN] | Comb     |
|-----------------------------|----------------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|------------|----------|
|                             | N1 [kN]              | N2 [kN] | N3 [kN]      | N4 [kN] | N5 [kN]      | N6 [kN] |            |          |
| N min,<br>Nmax,<br>Vris max | -2341                | -2315   | <b>-2289</b> | -2975   | <b>-2949</b> | -2924   | <b>34</b>  | SLE qp_2 |

## 7.6.2 Verifiche strutturali del plinto di fondazione

### 7.6.2.1 Verifica con modelli tirante-puntone

Le armature longitudinali e trasversali superiori e inferiori del plinto di fondazione delle pile sono state dimensionate e verificate mediante degli opportuni modelli tirante-puntone. Tali modelli sono ritenuti idonei in quanto il plinto in esame è un elemento tozzo.

La larghezza collaborante è stata considerata, in funzione della posizione del palo, pari all'interasse dei pali o pari alla somma di metà interasse e della distanza tra il palo ed il bordo del plinto.

#### Armatura longitudinale inferiore

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Diametro ferro $\varphi$ | 24  | mm |
| Passo s                  | 200 | mm |
| Numero di strati         | 3   |    |

#### Armatura trasversale inferiore

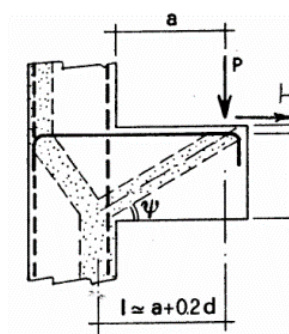
|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Diametro ferro $\varphi$ | 26  | mm |
| Passo s                  | 200 | mm |
| Numero di strati         | 3   |    |

#### Armatura longitudinale superiore

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Diametro ferro $\varphi$ | 24  | mm |
| Passo s                  | 200 | mm |
| Numero di strati         | 2   |    |

#### Armatura trasversale superiore

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| Diametro ferro $\varphi$ | 24  | mm |
| Passo s                  | 200 | mm |
| Numero di strati         | 2   |    |

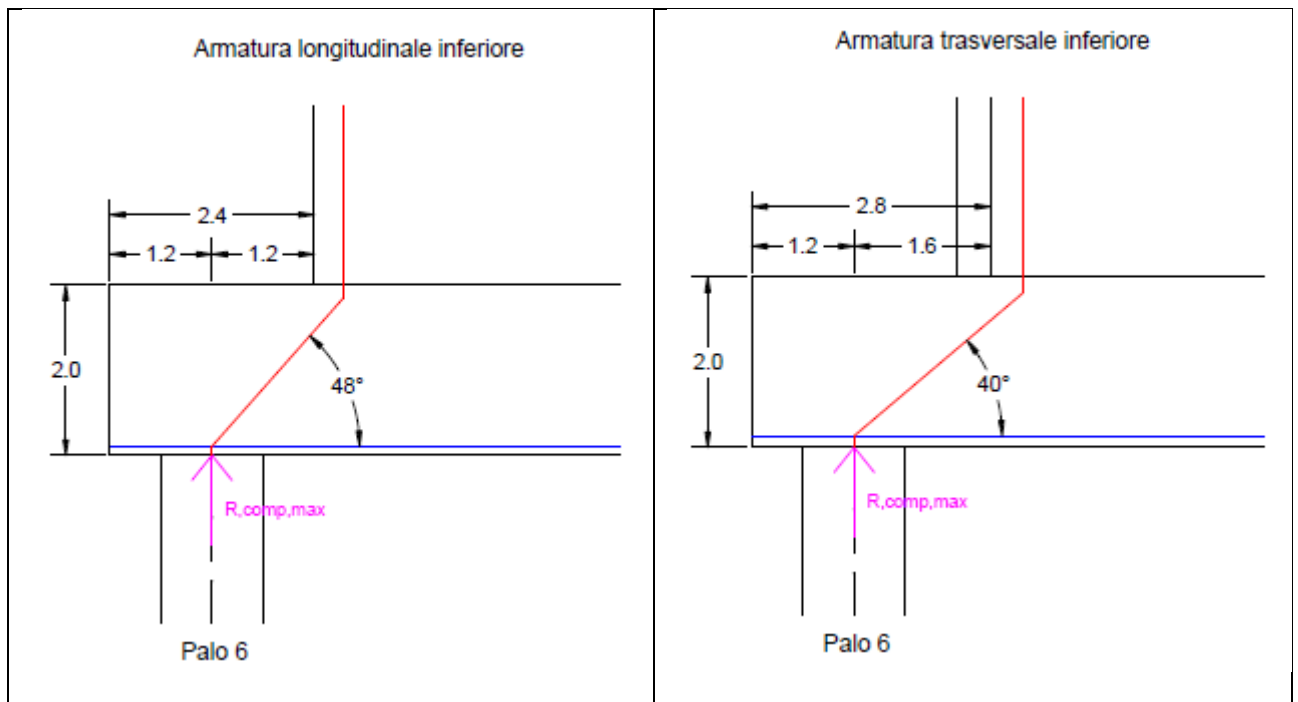


$$V_{Rd,s} = \frac{A_s f_{yd} - H_{Ed}}{\cotg \psi}$$

$$V_{Rd,c} = F_{c,max} \sin \psi = 0.4 \cdot d \cdot \sin^2 \psi \cdot b \cdot f_{cd} = 0.4 \cdot d \cdot b \cdot j$$

Figura 91 – Verifica mensola tozza secondo NTC2008

Le armature longitudinali e trasversali inferiori sono state dimensionate a partire dallo sforzo di compressione massimo del palo 6 del plinto della pila P8; mentre le armature longitudinali e trasversali superiori sono state dimensionate a partire dallo sforzo di trazione massimo del palo 6 del plinto della pila P1.





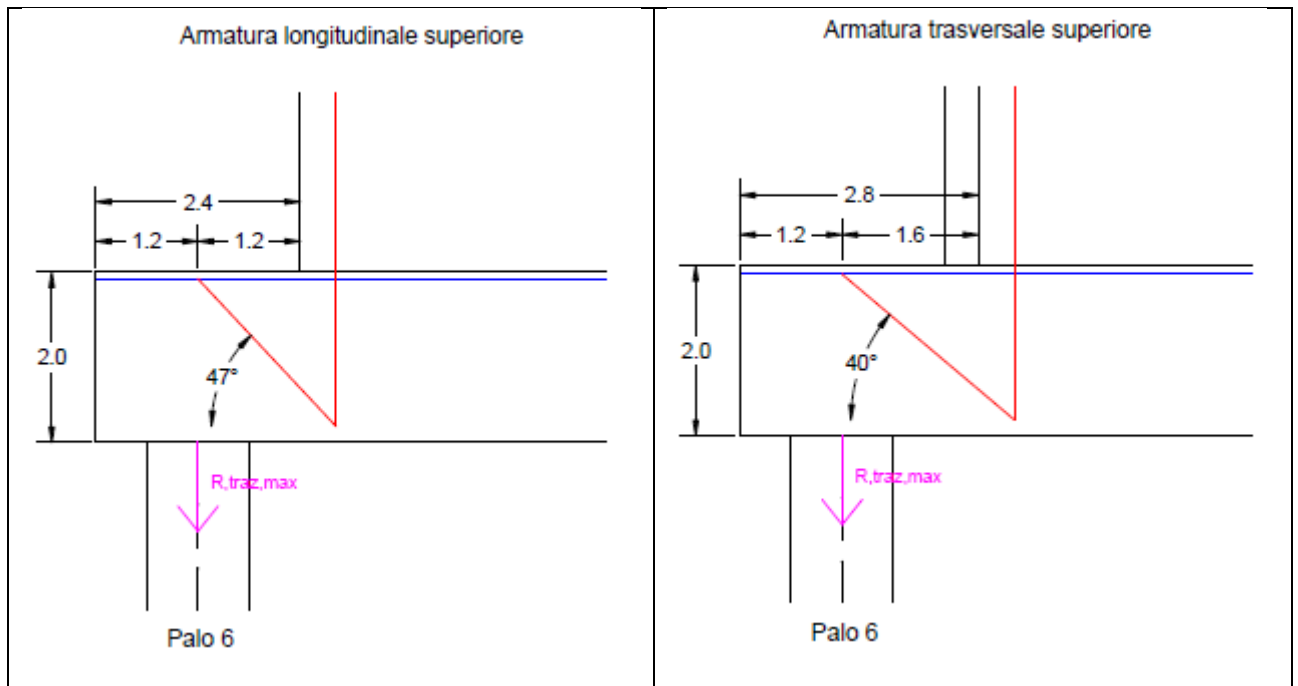


Figura 92 – Modelli tirante-puntone utilizzati

### Armatura Longitudinale - Inferiore

#### Mensola tozza NTC08

##### 1) Geometria pila

|                                    |                      |     |   |
|------------------------------------|----------------------|-----|---|
| Altezza plinto                     | H                    | 2   | m |
| Lunghezza mensola (metà plinto)    | L <sub>mensola</sub> | 2.4 | m |
| Distanza applicazione carico bordo | b                    | 1.2 | m |
| Larghezza direzione trasversale    | L <sub>t</sub>       | 3   | m |
| Larghezza direzione longitudinale  | L <sub>l</sub>       | 2.4 | m |

##### 2) Resistenze materiali

|                                    |                 |        |     |
|------------------------------------|-----------------|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | f <sub>ck</sub> | 24.90  | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | f <sub>cd</sub> | 16.60  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | f <sub>yd</sub> | 391.30 | MPa |

##### 3) Carichi agenti

| Reazioni palo                       |                 |      |    |
|-------------------------------------|-----------------|------|----|
| Carico verticale appoggio massimo   | N <sub>ed</sub> | 6836 | kN |
| Carico orizzontale appoggio massimo | H <sub>ed</sub> | 192  | kN |

| Peso proprio plinto   |     |       |      |
|-----------------------|-----|-------|------|
| Peso proprio mensola  | P   | 360.0 | kN   |
| Peso al metro lineare | p   | 150.0 | kN/m |
| Momento incastro      | Med | 432.0 | kNm  |

| Peso proprio rinterro                |     |       |      |
|--------------------------------------|-----|-------|------|
| Peso proprio rinterro                | P   | 116.3 | kN   |
| Peso al metro lineare                | p   | 48.5  | kN/m |
| Momento incastro                     | Med | 139.5 | kNm  |
| Momento incastro (plinto + rinterro) | Med | 571.5 | kNm  |

#### 4) Geometria della mensola

|  |                      |       |     |
|--|----------------------|-------|-----|
| Altezza mensola                                | h                    | 2     | m   |
| Lunghezza della mensola                        | L <sub>mensola</sub> | 2.4   | m   |
| Distanza di applicazione carico                | ac                   | 1.20  | m   |
| Eccentricità per presenza di carico orizz.     | e                    | 0.003 | m   |
| Profondità mensola                             | L <sub>t</sub>       | 3     | m   |
| Copriferro netto                               | c netto              | 4.5   | cm  |
| Copriferro da asse tirante                     | c tir                | 10.5  | cm  |
| Altezza utile tirante superiore                | d                    | 1.90  | m   |
| Braccio delle forze interne (0.9d)             | z                    | 1.71  | m   |
| Proiezione orizzontale del puntone (ac+0.2d+e) | l                    | 1.54  | m   |
| ctg $\psi$                                     | $\lambda$            | 0.905 |     |
| Inclinazione puntone                           | $\psi$               | 0.835 | rad |

#### 5) Armatura tirante inferiore

|                                   |          |           |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | $\phi$   | <b>24</b> | mm              |
| Passo dell'armatura principale    | p        | <b>20</b> | cm              |
| Numero di barre per strato        | n strato | <b>15</b> |                 |
| Numero strati                     | strati   | <b>3</b>  |                 |
| Numero totale di barre            | n tot    | 45        |                 |
| Area barre                        | As       | 20358     | mm <sup>2</sup> |

#### 6) Verifica tirante inferiore

|  |                   |         |                 |
|--|-------------------|---------|-----------------|
| Resistenza tirante inferiore                           | V <sub>rd,s</sub> | 8587    | kN              |
| Area minima di acciaio tirante-puntone                 | As,min 1          | 16307.6 | mm <sup>2</sup> |
| Area minima di acciaio mensola (peso proprio+rinterro) | As,min 2          | 856.4   | mm <sup>2</sup> |
| Area minima di acciaio (As,min1-As,min2)               | As,min            | 15451.2 | mm <sup>2</sup> |

|                           |           |      |
|---------------------------|-----------|------|
| Verifica                  | As>As,min | ok   |
| Coefficiente di sicurezza | Fc        | 1.32 |

### 7) Verifica puntone cls

|  |         |       |    |
|--|---------|-------|----|
| In presenza di staffe $c=1.5$ , altrimenti $c=1$ | c       | 1.5   |    |
| Resistenza puntone                               | PRc     | 31118 | kN |
| Verifica   | PRc>Ped | ok    |    |
| Coefficiente di sicurezza                        | Fc      | 4.55  |    |
| Gerarchia delle resistenze                       | PRc>PRs | ok    |    |

### Armatura Trasversale - Inferiore

#### Mensola tozza NTC08

##### 1) Geometria pila

|                                    |          |     |   |
|------------------------------------|----------|-----|---|
| Altezza plinto                     | H        | 2   | m |
| Lunghezza mensola (metà plinto)    | Lmensola | 2.8 | m |
| Distanza applicazione carico bordo | b        | 1.2 | m |
| Larghezza direzione trasversale    | Lt       | 2.8 | m |
| Larghezza direzione longitudinale  | Ll       | 3   | m |

##### 2) Resistenze materiali

|                                    |     |        |     |
|------------------------------------|-----|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | fck | 24.90  | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | fcd | 16.60  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | fyd | 391.30 | MPa |

##### 3) Carichi agenti

| Reazioni palo                       |     |      |    |
|-------------------------------------|-----|------|----|
| Carico verticale appoggio massimo   | Ned | 6836 | kN |
| Carico orizzontale appoggio massimo | Hed | 192  | kN |

| Peso proprio plinto   |     |       |      |
|-----------------------|-----|-------|------|
| Peso proprio mensola  | P   | 420.0 | kN   |
| Peso al metro lineare | p   | 150.0 | kN/m |
| Momento incastro      | Med | 588.0 | kNm  |

| Peso proprio rinterro |   |       |    |
|-----------------------|---|-------|----|
| Peso proprio rinterro | P | 135.7 | kN |

|                                      |     |       |      |
|--------------------------------------|-----|-------|------|
| Peso al metro lineare                | p   | 48.5  | kN/m |
| Momento incastro                     | Med | 189.9 | kNm  |
| Momento incastro (plinto + rinterro) | Med | 777.9 | kNm  |

#### 4) Geometria della mensola

|  |           |       |     |
|--|-----------|-------|-----|
| Altezza mensola                                | h         | 2     | m   |
| Lunghezza della mensola                        | Lmensola  | 2.8   | m   |
| Distanza di applicazione carico                | ac        | 1.60  | m   |
| Eccentricità per presenza di carico orizz.     | e         | 0.004 | m   |
| Profondità mensola                             | Lt        | 3     | m   |
| Copriferro netto                               | c netto   | 4.5   | cm  |
| Copriferro da asse tirante                     | c tir     | 13.4  | cm  |
| Altezza utile tirante superiore                | d         | 1.87  | m   |
| Braccio delle forze interne (0.9d)             | z         | 1.68  | m   |
| Proiezione orizzontale del puntone (ac+0.2d+e) | l         | 1.98  | m   |
| ctg $\Psi$                                     | $\lambda$ | 1.177 |     |
| Inclinazione puntone                           | $\Psi$    | 0.704 | rad |

#### 5) Armatura tirante inferiore

|                                   |          |           |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | $\phi$   | <b>26</b> | mm              |
| Passo dell'armatura principale    | p        | <b>20</b> | cm              |
| Numero di barre per strato        | n strato | <b>15</b> |                 |
| Numero strati                     | strati   | <b>3</b>  |                 |
| Numero totale di barre            | n tot    | 45        |                 |
| Area barre                        | As       | 23892     | mm <sup>2</sup> |

|                                   |        |           |    |
|-----------------------------------|--------|-----------|----|
| Diametro armatura longitudinale   | $\phi$ | <b>24</b> | mm |
| Passo dell'armatura longitudinale | p      | <b>20</b> | cm |

#### 6) Verifica tirante inferiore

|  |           |         |                 |
|--|-----------|---------|-----------------|
| Resistenza tirante inferiore                           | Vrd,s     | 7779    | kN              |
| Area minima di acciaio tirante-puntone                 | As,min 1  | 21056.9 | mm <sup>2</sup> |
| Area minima di acciaio mensola (peso proprio+rinterro) | As,min 2  | 1183.8  | mm <sup>2</sup> |
| Area minima di acciaio (As,min1-As,min2)               | As,min    | 19873.2 | mm <sup>2</sup> |
| Verifica   | As>As,min | ok      |                 |
| Coefficiente di sicurezza                              | Fc        | 1.20    |                 |

#### 7) Verifica puntone cls

|   |   |     |  |
|---|---|-----|--|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c | 1.5 |  |
|---|---|-----|--|

|                            |         |       |    |
|----------------------------|---------|-------|----|
| Resistenza puntone         | PRc     | 23370 | kN |
| Verifica                   | PRc>Ped | ok    |    |
| Coefficiente di sicurezza  | Fc      | 3.42  |    |
| Gerarchia delle resistenze | PRc>PRs | ok    |    |

### Armatura Longitudinale - Superiore

#### **Mensola tozza NTC08**

##### **1) Geometria pila**

|                                    |          |     |   |
|------------------------------------|----------|-----|---|
| Altezza plinto                     | H        | 2   | m |
| Lunghezza mensola (metà plinto)    | Lmensola | 2.4 | m |
| Distanza applicazione carico bordo | b        | 1.2 | m |
| Larghezza direzione trasversale    | Lt       | 3   | m |
| Larghezza direzione longitudinale  | Ll       | 2.4 | m |

##### **2) Resistenze materiali**

|                                    |     |        |     |
|------------------------------------|-----|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | fck | 24.90  | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | fcd | 16.60  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | fyd | 391.30 | MPa |

##### **3) Carichi agenti**

| Reazioni palo                       |     |     |    |
|-------------------------------------|-----|-----|----|
| Carico verticale appoggio massimo   | Ned | 920 | kN |
| Carico orizzontale appoggio massimo | Hed | 372 | kN |

| Peso proprio plinto   |     |       |      |
|-----------------------|-----|-------|------|
| Peso proprio mensola  | P   | 360.0 | kN   |
| Peso al metro lineare | p   | 150.0 | kN/m |
| Momento incastro      | Med | 432.0 | kNm  |

| Peso proprio rinterro                |     |       |      |
|--------------------------------------|-----|-------|------|
| Peso proprio rinterro                | P   | 109.4 | kN   |
| Peso al metro lineare                | p   | 45.6  | kN/m |
| Momento incastro                     | Med | 131.3 | kNm  |
| Momento incastro (plinto + rinterro) | Med | 563.3 | kNm  |

##### **4) Geometria della mensola**

|                 |   |   |   |
|-----------------|---|---|---|
| Altezza mensola | h | 2 | m |
|-----------------|---|---|---|

|  |           |       |     |
|--|-----------|-------|-----|
| Lunghezza della mensola                        | Lmensola  | 2.4   | m   |
| Distanza di applicazione carico                | ac        | 1.20  | m   |
| Eccentricità per presenza di carico orizz.     | e         | 0.033 | m   |
| Profondità mensola                             | Lt        | 3     | m   |
| Copriferro netto                               | c netto   | 4.5   | cm  |
| Copriferro da asse tirante                     | c tir     | 8.1   | cm  |
| Altezza utile tirante superiore                | d         | 1.92  | m   |
| Braccio delle forze interne (0.9d)             | z         | 1.73  | m   |
| Proiezione orizzontale del puntone (ac+0.2d+e) | l         | 1.62  | m   |
| ctg $\psi$                                     | $\lambda$ | 0.936 |     |
| Inclinazione puntone                           | $\psi$    | 0.818 | rad |

### 5) Armatura tirante inferiore

|                                   |          |           |                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | $\phi$   | <b>24</b> | mm              |
| Passo dell'armatura principale    | p        | <b>20</b> | cm              |
| Numero di barre per strato        | n strato | <b>15</b> |                 |
| Numero strati                     | strati   | <b>2</b>  |                 |
| Numero totale di barre            | n tot    | 30        |                 |
| Area barre                        | As       | 13572     | mm <sup>2</sup> |

### 6) Verifica tirante inferiore

|  |           |        |                 |
|--|-----------|--------|-----------------|
| Resistenza tirante inferiore                           | Vrd,s     | 5277   | kN              |
| Area minima di acciaio tirante-puntone                 | As,min 1  | 3150.8 | mm <sup>2</sup> |
| Area minima di acciaio mensola (peso proprio+rinterro) | As,min 2  | 833.5  | mm <sup>2</sup> |
| Area minima di acciaio (As,min1+As,min2)               | As,min    | 3984.3 | mm <sup>2</sup> |
| Verifica   | As>As,min | ok     |                 |
| Coefficiente di sicurezza                              | Fc        | 3.41   |                 |

### 7) Verifica puntone cls

|   |         |       |    |
|---|---------|-------|----|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c       | 1.5   |    |
| Resistenza puntone                          | PRc     | 30564 | kN |
| Verifica                                    | PRc>Ped | ok    |    |
| Coefficiente di sicurezza                   | Fc      | 33.22 |    |
| Gerarchia delle resistenze                  | PRc>PRs | ok    |    |

## Armatura Trasversale - Superiore

### Mensola tozza NTC08

#### 1) Geometria pila

|                                    |          |     |   |
|------------------------------------|----------|-----|---|
| Altezza plinto                     | H        | 2   | m |
| Lunghezza mensola (metà plinto)    | Lmensola | 2.8 | m |
| Distanza applicazione carico bordo | b        | 1.2 | m |
| Larghezza direzione trasversale    | Lt       | 2.8 | m |
| Larghezza direzione longitudinale  | Ll       | 3   | m |

#### 2) Resistenze materiali

|                                    |     |        |     |
|------------------------------------|-----|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | fck | 24.90  | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | fcd | 16.60  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | fyd | 391.30 | MPa |

#### 3) Carichi agenti

| Reazioni palo                       |     |     |    |
|-------------------------------------|-----|-----|----|
| Carico verticale appoggio massimo   | Ned | 920 | kN |
| Carico orizzontale appoggio massimo | Hed | 372 | kN |

| Peso proprio plinto   |     |       |      |
|-----------------------|-----|-------|------|
| Peso proprio mensola  | P   | 420.0 | kN   |
| Peso al metro lineare | p   | 150.0 | kN/m |
| Momento incastro      | Med | 588.0 | kNm  |

| Peso proprio rinterro                |     |       |      |
|--------------------------------------|-----|-------|------|
| Peso proprio rinterro                | P   | 127.7 | kN   |
| Peso al metro lineare                | p   | 45.6  | kN/m |
| Momento incastro                     | Med | 178.8 | kNm  |
| Momento incastro (plinto + rinterro) | Med | 766.8 | kNm  |

#### 4) Geometria della mensola

|  |          |       |    |
|--|----------|-------|----|
| Altezza mensola                            | h        | 2     | m  |
| Lunghezza della mensola                    | Lmensola | 2.8   | m  |
| Distanza di applicazione carico            | ac       | 1.60  | m  |
| Eccentricità per presenza di carico orizz. | e        | 0.042 | m  |
| Profondità mensola                         | Lt       | 3     | m  |
| Copriferro netto                           | c netto  | 4.5   | cm |
| Copriferro da asse tirante                 | c tir    | 10.5  | cm |

|  |           |       |     |
|--|-----------|-------|-----|
| Altezza utile tirante superiore                | d         | 1.90  | m   |
| Braccio delle forze interne (0.9d)             | z         | 1.71  | m   |
| Proiezione orizzontale del puntone (ac+0.2d+e) | l         | 2.02  | m   |
| ctg $\psi$                                     | $\lambda$ | 1.185 |     |
| Inclinazione puntone                           | $\psi$    | 0.701 | rad |

### 5) Armatura tirante inferiore

|                                   |          |       |                 |
|-----------------------------------|----------|-------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | $\phi$   | 24    | mm              |
| Passo dell'armatura principale    | p        | 20    | cm              |
| Numero di barre per strato        | n strato | 15    |                 |
| Numero strati                     | strati   | 2     |                 |
| Numero totale di barre            | n tot    | 30    |                 |
| Area barre                        | As       | 13572 | mm <sup>2</sup> |

|                                   |        |    |    |
|-----------------------------------|--------|----|----|
| Diametro armatura longitudinale   | $\phi$ | 24 | mm |
| Passo dell'armatura longitudinale | p      | 20 | cm |

### 6) Verifica tirante inferiore

|  |           |        |                 |
|--|-----------|--------|-----------------|
| Resistenza tirante inferiore                           | Vrd,s     | 4167   | kN              |
| Area minima di acciaio tirante-puntone                 | As,min 1  | 3736.8 | mm <sup>2</sup> |
| Area minima di acciaio mensola (peso proprio+rinterro) | As,min 2  | 1148.9 | mm <sup>2</sup> |
| Area minima di acciaio (As,min1+As,min2)               | As,min    | 4885.7 | mm <sup>2</sup> |
| Verifica   | As>As,min | ok     |                 |
| Coefficiente di sicurezza                              | Fc        | 2.78   |                 |

### 7) Verifica puntone cls

|   |         |       |    |
|---|---------|-------|----|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c       | 1.5   |    |
| Resistenza puntone                          | PRc     | 23546 | kN |
| Verifica                                    | PRc>Ped | ok    |    |
| Coefficiente di sicurezza                   | Fc      | 25.59 |    |
| Gerarchia delle resistenze                  | PRc>PRs | ok    |    |



### 7.6.2.2 Verifica SLE a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Per l'opera in esame si considerano condizioni ambientali aggressive rientrando le condizioni in classe XC4 e XD1, le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC - Tabella 4.1.IV]. In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportata nel prospetto seguente:

| Gruppi di esigenza | Condizioni ambientali | Combinazione di azione | Armatura           |            |                |            |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|----------------|------------|
|                    |                       |                        | Sensibile          |            | Poco sensibile |            |
|                    |                       |                        | Stato limite       | wk         | Stato limite   | wk         |
| A                  | Ordinarie             | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_2$ | ap. fessure    | $\leq w_3$ |
|                    |                       | quasi permanente       | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
| B                  | Aggressive            | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
| C                  | Molto Aggressive      | frequente              | formazione fessure | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

Risultando:

- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$
- $w_2 = 0.3 \text{ mm}$
- $w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Per strutture in condizioni aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 17.1.2018, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione frequente  $\delta_f \leq w_3 = 0.3 \text{ mm}$

Combinazione quasi permanente  $\delta_f \leq w_2 = 0.2 \text{ mm}$

Le armature sono classificabili come "poco sensibili".

Riguardo, infine, il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata nell'UNI EN 1992-1-1.

A favore di sicurezza, la verifica viene condotta per le sollecitazioni massime nel plinto di fondazione della pila P8.

### Direzione Longitudinale – Armatura inferiore – Comb. SLE frequente

#### Armatura tirante

|            |         |                 |
|------------|---------|-----------------|
| $\Phi$     | 24      | mm              |
| n per fila | 15      |                 |
| n file     | 3       |                 |
| As         | 20357.5 | mm <sup>2</sup> |

|            |         |    |  |
|------------|---------|----|--|
| Ved        | 3521.90 | kN | <i>Azione di progetto (combinazione frequente)</i> |
| ctg $\Psi$ | 0.91    |    |  |
| Ted        | 3188.50 | kN |  |

|            |         |     |   |
|------------|---------|-----|---|
| Tipo cls   | C25/30  |     |   |
| fck        | 24.9    | MPa |   |
| fcm        | 32.9    | MPa |   |
| Es         | 210000  | MPa | <i>Modulo elastico acciaio</i>          |
| Ecm        | 31447.2 | MPa | <i>Modulo elastico cls</i>              |
| fctm       | 2.56    | MPa | <i>Resistenza a trazione media cls</i>  |
| $\alpha_e$ | 6.68    |     | <i>Es/Ecm</i>                           |
| kt         | 0.4     |     | <i>Fattore per la durata del carico</i> |

|            |         |                 |                                    |
|------------|---------|-----------------|------------------------------------|
| As         | 20357.5 | mm <sup>2</sup> | <i>Area di acciaio teso</i>        |
| $\sigma_s$ | 156.6   | MPa             | <i>Tensione nell'armatura tesa</i> |

|        |       |   |   |
|--------|-------|---|---|
| h      | 2     | m | <i>Altezza plinto</i>                                 |
| b      | 3     | m | <i>Larghezza plinto direzione trasversale</i>         |
| c*     | 0.086 | m | <i>Distanza intradosso plinto - asse tirante</i>      |
| d      | 1.914 | m | <i>Altezza utile</i>                                  |
| hc,ef  | 0.215 | m | <i>Altezza dell'area efficace di cls teso</i>         |
| Ac,eff | 0.65  | m | <i>Area efficace di cls teso attorno all'armatura</i> |
| peff   | 0.032 |   | <i>Rapporto geometrico d'armatura</i>                 |

|                 |         |  |   |
|-----------------|---------|--|---|
| $\epsilon_{sm}$ | 0.00056 |  | <i>Deformazione unitaria media delle barre d'armatura</i> |
|-----------------|---------|--|---|

|             |       |    |                                      |
|-------------|-------|----|--------------------------------------|
| k1          | 0.8   |    | <i>Barre ad aderenza migliorata</i>  |
| k2          | 0.50  |    | <i>Flessione</i>                     |
| k3          | 3.4   |    |                                      |
| k4          | 0.425 |    |                                      |
| c           | 0.05  | m  | <i>Ricoprimento dell'armatura</i>    |
| $\phi$      | 24    | mm | <i>Diametro armatura</i>             |
| $\Delta sm$ | 176.0 | mm | <i>Distanza media tra le fessure</i> |

|      |       |    |   |
|------|-------|----|---|
| wk   | 0.167 | mm | <i>Ampiezza caratteristica delle fessure</i>                      |
| wmax | 0.3   | mm | <i>Ampiezza limite delle fessure (cond.ambientali aggressive)</i> |
| FS   | 1.79  |    | <i>Fattore di sicurezza</i>                                       |

## Direzione Longitudinale – Armatura inferiore – Comb. SLE quasi permanente

### Armatura tirante

|            |         |                 |
|------------|---------|-----------------|
| Φ          | 24      | mm              |
| n per fila | 15      |                 |
| n file     | 3       |                 |
| As         | 20357.5 | mm <sup>2</sup> |

|       |         |    |
|-------|---------|----|
| Ved   | 2975.36 | kN |
| ctg Ψ | 0.91    |    |
| Ted   | 2693.70 | kN |

Azione di progetto (combinazione frequente)

|          |         |     |
|----------|---------|-----|
| Tipo cls | C25/30  |     |
| fck      | 24.9    | MPa |
| fcm      | 32.9    | MPa |
| Es       | 210000  | MPa |
| Ecm      | 31447.2 | MPa |
| fctm     | 2.56    | MPa |
| αε       | 6.68    |     |
| kt       | 0.4     |     |

Modulo elastico acciaio

Modulo elastico cls

Resistenza a trazione media cls

Es/Ecm

Fattore per la durata del carico

|    |         |                 |
|----|---------|-----------------|
| As | 20357.5 | mm <sup>2</sup> |
| σs | 132.3   | MPa             |

Area di acciaio teso

Tensione nell'armatura tesa

|        |       |   |
|--------|-------|---|
| h      | 2     | m |
| b      | 3     | m |
| c*     | 0.086 | m |
| d      | 1.914 | m |
| hc,ef  | 0.215 | m |
| Ac,eff | 0.65  | m |
| peff   | 0.032 |   |

Altezza plinto

Larghezza plinto direzione trasversale

Distanza intradosso plinto - asse tirante

Altezza utile

Altezza dell'area efficace di cls teso

Area efficace di cls teso attorno all'armatura

Rapporto geometrico d'armatura

|     |         |  |
|-----|---------|--|
| esm | 0.00044 |  |
|-----|---------|--|

Deformazione unitaria media delle barre d'armatura

|    |      |  |
|----|------|--|
| k1 | 0.8  |  |
| k2 | 0.50 |  |
| k3 | 3.4  |  |

Barre ad aderenza migliorata

Flessione

|             |       |    |                               |
|-------------|-------|----|-------------------------------|
| k4          | 0.425 |    |                               |
| c           | 0.05  | m  | Ricoprimento dell'armatura    |
| $\phi$      | 24    | mm | Diametro armatura             |
| $\Delta sm$ | 176.0 | mm | Distanza media tra le fessure |

|      |       |    |  |
|------|-------|----|--|
| wk   | 0.133 | mm | Ampiezza caratteristica delle fessure                      |
| wmax | 0.2   | mm | Ampiezza limite delle fessure (cond.ambientali aggressive) |
| FS   | 1.51  |    | Fattore di sicurezza                                       |

## Direzione Trasversale – Armatura inferiore – Comb. SLE frequente

### Armatura tirante

|            |          |                 |
|------------|----------|-----------------|
| $\Phi$     | 26       | mm              |
| n per fila | 15       |                 |
| n file     | 3        |                 |
| As         | 23891.81 | mm <sup>2</sup> |

|            |         |    |
|------------|---------|----|
| Ved        | 3521.90 | kN |
| ctg $\Psi$ | 1.18    |    |
| Ted        | 4145.93 | kN |

Azione di progetto (combinazione frequente)

|            |         |     |                                  |
|------------|---------|-----|----------------------------------|
| Tipo cls   | C35/30  |     |                                  |
| fck        | 24.9    | MPa |                                  |
| fcmm       | 32.9    | MPa |                                  |
| Es         | 210000  | MPa | Modulo elastico acciaio          |
| Ecm        | 31447.2 | MPa | Modulo elastico cls              |
| fctm       | 2.56    | MPa | Resistenza a trazione media cls  |
| $\alpha e$ | 6.68    |     | Es/Ecm                           |
| kt         | 0.4     |     | Fattore per la durata del carico |

|            |         |                 |                             |
|------------|---------|-----------------|-----------------------------|
| As         | 23891.8 | mm <sup>2</sup> | Area di acciaio teso        |
| $\sigma s$ | 173.5   | MPa             | Tensione nell'armatura tesa |

|    |      |   |   |
|----|------|---|---|
| h  | 2    | m | Altezza plinto                            |
| b  | 3    | m | Larghezza plinto direzione longitudinale  |
| c* | 0.11 | m | Distanza intradosso plinto - asse tirante |
| d  | 1.89 | m | Altezza utile                             |

|        |         |    |  |
|--------|---------|----|--|
| hc,ef  | 0.275   | m  | Altezza dell'area efficace di cls teso                     |
| Ac,eff | 0.83    | m  | Area efficace di cls teso attorno all'armatura             |
| peff   | 0.029   |    | Rapporto geometrico d'armatura                             |
|        |         |    |  |
| esm    | 0.00063 |    | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura         |
|        |         |    |  |
| k1     | 0.8     |    | Barre ad aderenza migliorata                               |
| k2     | 0.50    |    | Flessione  |
| k3     | 3.4     |    |  |
| k4     | 0.425   |    |  |
| c      | 0.05    | m  | Ricoprimento dell'armatura                                 |
| φ      | 26      | mm | Diametro armatura  |
| Δsm    | 189.8   | mm | Distanza media tra le fessure                              |
|        |         |    |  |
| wk     | 0.202   | mm | Ampiezza caratteristica delle fessure                      |
| wmax   | 0.3     | mm | Ampiezza limite delle fessure (cond.ambientali aggressive) |
| FS     | 1.49    |    | Fattore di sicurezza                                       |

### Direzione Trasversale – Armatura inferiore – Comb. SLE quasi permanente

#### Armatura tirante

|            |          |                 |
|------------|----------|-----------------|
| Φ          | 26       | mm              |
| n per fila | 15       |                 |
| n file     | 3        |                 |
| As         | 23891.81 | mm <sup>2</sup> |

|       |         |    |
|-------|---------|----|
| Ved   | 2975.36 | kN |
| ctg Ψ | 1.18    |    |
| Ted   | 3502.55 | kN |

Azione di progetto (combinazione frequente)

|          |         |     |
|----------|---------|-----|
| Tipo cls | C25/30  |     |
| fck      | 24.9    | MPa |
| fcm      | 32.9    | MPa |
| Es       | 210000  | MPa |
| Ecm      | 31447.2 | MPa |
| fctm     | 2.56    | MPa |
| αε       | 6.68    |     |

Modulo elastico acciaio  
Modulo elastico cls  
Resistenza a trazione media cls  
Es/Ecm

|        |         |                 |  |
|--------|---------|-----------------|--|
| kt     | 0.4     |                 | Fattore per la durata del carico                           |
| As     | 23891.8 | mm <sup>2</sup> | Area di acciaio teso                                       |
| σs     | 146.6   | MPa             | Tensione nell'armatura tesa                                |
| h      | 2       | m               | Altezza plinto   |
| b      | 3       | m               | Larghezza plinto direzione longitudinale                   |
| c*     | 0.11    | m               | Distanza intradosso plinto - asse tirante                  |
| d      | 1.89    | m               | Altezza utile  |
| hc,ef  | 0.275   | m               | Altezza dell'area efficace di cls teso                     |
| Ac,eff | 0.83    | m               | Area efficace di cls teso attorno all'armatura             |
| peff   | 0.029   |                 | Rapporto geometrico d'armatura                             |
| εsm    | 0.00050 |                 | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura         |
| k1     | 0.8     |                 | Barre ad aderenza migliorata                               |
| k2     | 0.50    |                 | Flessione  |
| k3     | 3.4     |                 |  |
| k4     | 0.425   |                 |  |
| c      | 0.05    | m               | Ricoprimento dell'armatura                                 |
| φ      | 26      | mm              | Diametro armatura  |
| Δsm    | 189.8   | mm              | Distanza media tra le fessure                              |
| wk     | 0.160   | mm              | Ampiezza caratteristica delle fessure                      |
| wmax   | 0.2     | mm              | Ampiezza limite delle fessure (cond.ambientali aggressive) |
| FS     | 1.25    |                 | Fattore di sicurezza                                       |

### 7.6.2.3 Verifica a taglio

La verifica a taglio risulta soddisfatta considerando una maglia di **spille  $\phi 14$  40x20**.

Il taglio di calcolo è pari alla massima reazione agente sul palo più caricato, pari a 6836 kN, per unità di larghezza della mensola considerata.

$$V_{ed} = 6836 / 3.0 = 2279 \text{ kN/m}$$

Si riporta di seguito l'esito della verifica.



### Proprietà materiali

|              |   |                                      |
|--------------|---|--------------------------------------|
| Clc $R_{ck}$ | <input type="text" value="30"/>                                       |                                      |
| Clc          | <input type="text" value="Fessurato (&lt;math&gt;v=0&lt;/math&gt;)"/> | condizioni clc                       |
| Acciaio 1    | <input type="text" value="B450"/>                                     | acciaio barre longitudinali          |
| Acciaio 2    | <input type="text" value="B450"/>                                     | acciaio armature trasversali         |
| $\gamma_s$   | <input type="text" value="1.5"/>                                      | coeff. Parziale relativo al clc      |
| $\gamma_s$   | <input type="text" value="1.15"/>                                     | coeff. Parziale relativo all'acciaio |

### Geometrie sezione

|       |                                      |                 |                                    |
|-------|--------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| $b_w$ | <input type="text" value="1000"/>    | mm              | Larghezza dell'anima resistente    |
| $d$   | <input type="text" value="1900"/>    | mm              | Altezza utile della sezione        |
| $A_c$ | <input type="text" value="2000000"/> | mm <sup>2</sup> | Area della sezione di calcestruzzo |

### Caratteristiche armature

|                    |                                   |    |   |
|--------------------|-----------------------------------|----|---|
| $n_{bl}$           | <input type="text" value="5"/>    |    | Numero di barre longitudinali   |
| $\varnothing_{bl}$ | <input type="text" value="24"/>   | mm | Diametro delle barre longitudinali  |
| $n_{bw}$           | <input type="text" value="2.50"/> |    | Numero di bracci delle staffe   |
| $\varnothing_{st}$ | <input type="text" value="14"/>   | mm | Diametro delle staffe   |
| $s_{st}$           | <input type="text" value="200"/>  | mm | Passo delle staffe  |
| $\alpha$           | <input type="text" value="90"/>   | °  | Inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse) |

### Caratteristiche sollecitazioni

|          |                                   |    |  |
|----------|-----------------------------------|----|--|
| $N_{Ed}$ | <input type="text" value="0"/>    | KN | Sforzo normale di calcolo (+ compressione) |
| $V_{Ed}$ | <input type="text" value="2279"/> | KN | Taglio di calcolo                          |
| $N_{Rd}$ | 28220.0                           | KN | Sforzo normale di compressione massimo     |

### Dati traliccio resistente

|             |                                 |   |  |
|-------------|---------------------------------|---|--|
| $\theta$    | <input type="text" value="22"/> | ° | Inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse staffe |
| $ctg\theta$ | 2.48                            |   | (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)                     |

Si  
 No

### Resistenza a taglio

|          |                                   |    |  |
|----------|-----------------------------------|----|--|
| $V_{Rd}$ | <input type="text" value="506"/>  | KN | Taglio resistente relativo alle armature tese    |
| $V_{Rd}$ | <input type="text" value="3187"/> | KN | Taglio resistente relativo alle bielle compresse |
| FC       | <input type="text" value="1.40"/> |    | Fattore di sicurezza                             |

#### 7.6.2.4 Verifica a taglio – punzonamento

Le verifiche a punzonamento sono state condotte secondo le formulazioni dell'Eurocodice 2, par. 6.4. Il punzonamento può essere determinato dalla reazione concentrata del palo agente su un'area relativamente piccola di plinto.

Il procedimento di calcolo per il taglio-punzonamento si fonda sulle verifiche alla faccia del palo e al perimetro di verifica di base  $u_1$ . Si definiscono le seguenti tensioni di taglio di progetto lungo le sezioni di verifica:

- $v_{Rd,c}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra, priva di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata;
- $v_{Rd,cs}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra dotata di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata.

L'armatura per il taglio-punzonamento non è necessaria se:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

Se  $v_{Ed}$  supera il valore  $v_{Rd,c}$  si deve disporre armatura specifica per il taglio-punzonamento e deve risultare:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$$

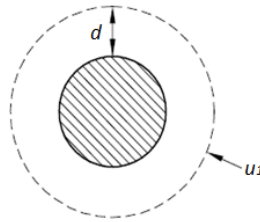
La tensione massima di taglio, nel caso generale di reazione d'appoggio eccentrica rispetto al perimetro di verifica, è pari a:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

Dove:

- $d$  è l'altezza utile media della piastra;

- $u_1$  è la lunghezza del perimetro di verifica
- $V_{ed}$  è il taglio agente
- $\beta$  è un coefficiente assunto pari a 1



Secondo quanto riportato al §6.4.2 dell'Eurocodice 2 il perimetro di verifica di base  $u_1$  può generalmente essere collocato a una distanza pari a  $2d$  dall'area caricata. Tuttavia, considerando lo spessore elevato del plinto di fondazione e, a favore di sicurezza, tale perimetro è stato collocato ad una distanza  $d$  dal bordo del palo.

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,c}$  per una piastra priva di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

Dove:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$
- $\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0.02$ , dove  $\rho_{ly}$  e  $\rho_{lz}$  sono riferiti all'acciaio teso aderente rispettivamente nelle direzioni y e z.
- $\sigma_{cp} = 0$
- $C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$
- $k_1 = 1$

$$- v_{min} = 0.035 k^2 \sqrt[3]{f_{ck}}$$

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,cs}$  per una piastra munita di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$

Dove:

$A_{sw}$  è l'area di armatura a taglio- punzonamento situata su di un perimetro intorno al pilastro;

$s_r$  è il passo dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento;

$f_{ywd,ef}$  è la resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento, secondo la relazione  $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$ ;

$\alpha$  è l'angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra (pari a 90° nel caso di armatura verticale).

Inoltre, in adiacenza ai pilastri la resistenza a taglio-punzonamento è limitata a un valore massimo di:

$$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max}$$

Dove:

$u_0$  è il perimetro del pilastro;

$$v_{Rd,max} = 0.5 v f_{cd}$$

$$v = 0.6 (1 - f_{ck}/250)$$

La verifica è stata condotta in corrispondenza del palo d'angolo più sollecitato (palo 6), per lo sforzo assiale massimo della combinazione SLU\_16:  $V_{Ed} = 6836$  kN.

Tale sforzo assiale massimo è stato poi ridotto a causa dell'effetto favorevole del peso del plinto di fondazione e del terreno di ricoprimento.

#### Caratteristiche materiali

|     |      |                   |                                   |
|-----|------|-------------------|-----------------------------------|
| Rck | 30   | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza caratt. cubica cls     |
| fck | 24.9 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza caratt. cilindrica cls |
| γc  | 1.5  |                   | Coefficiente sicurezza cls        |
| τrd | 0.30 | N/mm <sup>2</sup> | Resist. unit. a taglio            |
| fyk | 450  | N/mm <sup>2</sup> | Tensione di snervamento acciaio   |
| γs  | 1.15 |                   | Coefficiente di sicurezza acciaio |

#### Armatatura tesa

|     |       |                    |  |
|-----|-------|--------------------|--|
| Aly | 33.93 | cm <sup>2</sup> /m | Armatatura tesa in direzione y (media) |
| Alx | 33.93 | cm <sup>2</sup> /m | Armatatura tesa in direzione x (media) |

#### Impronta di carico

|   |     |    |  |
|---|-----|----|--|
| a | 60  | cm | (a = raggio per sezioni circolari)             |
| h | 200 | cm | Altezza plinto                                 |
| d | 190 | cm | Altezza utile                                  |
| β | 1   |    | Coeff. che tiene conto eccentricità del carico |

|    |        |    |                               |
|----|--------|----|-------------------------------|
| u1 | 643.32 | cm | Perimetro di verifica di base |
| u0 | 376.99 | cm | Perimetro dell'area caricata  |
| k  | 1.32   |    | Coefficiente                  |
| pl | 0.0018 |    | Percentuale di armatura tesa  |

#### Peso del plinto

|         |       |                   |  |
|---------|-------|-------------------|--|
| γcls    | 25    | kN/m <sup>3</sup> | Peso specifico cls   |
| hplinto | 2     | m                 | Altezza plinto   |
| A       | 6.63  | m <sup>2</sup>    | Area di verifica in corrispondenza del baricentro del plinto |
| ΔVsd    | 331.6 | kN                | Riduzione di taglio dovuta al peso proprio del plinto        |

Peso del rinterro

|       |       |                   |   |
|-------|-------|-------------------|---|
| yterr | 19    | kN/m <sup>3</sup> | Peso specifico terreno  |
| hrint | 0.85  | m                 | Altezza rinterro  |
| A     | 12.11 | m <sup>2</sup>    | Area di verifica in corrispondenza dell'estradosso del plinto |
| ΔVsd  | 195.6 | kN                | Riduzione di taglio dovuta al peso del rinterro               |

Tensione massima di taglio

|     |      |                   |  |
|-----|------|-------------------|--|
| Ved | 6836 | kN                | Reazione agli SLU  |
| Ved | 6309 | kN                | Taglio applicato (ridotto del peso proprio e del rinterro) |
| Ved | 981  | kN/m              | Taglio applicato per unità di lunghezza                    |
| ved | 0.52 | N/mm <sup>2</sup> | Tensione di taglio agente                                  |

Resistenza a punzonamento offerta dal solo calcestruzzo immediatamente a ridosso del palo

|          |      |                   |                                       |
|----------|------|-------------------|---------------------------------------|
| ved      | 0.88 | N/mm <sup>2</sup> | Tensione di taglio a rifosso del palo |
| vrldmax  | 3.81 | N/mm <sup>2</sup> | Tensione resistente massima           |
| Verifica | ok   |                   |                                       |
| Fs       | 4.33 |                   |                                       |

Resistenza a punz. per unità di lungh. senza armatura a taglio

|                   |        |                   |   |
|-------------------|--------|-------------------|---|
| V <sub>Rd,c</sub> | 0.27   | N/mm <sup>2</sup> | Tensione resistente senza armatura a taglio |
| V <sub>min</sub>  | 0.27   | N/mm <sup>2</sup> |   |
| V <sub>Rd</sub>   | 506.23 | kN/m              | Taglio resistente per unità di lunghezza    |
| Verifica          | no     |                   |   |
| Fs                | 0.52   |                   |   |

Resistenza a punz. per unità di lungh. con armatura a taglio

**STAFFE**

|                     |        |                   |   |
|---------------------|--------|-------------------|---|
| f <sub>ywd,ef</sub> | 391.30 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento |
| α                   | 90.00  | °                 | Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra    |
|                     | 1.57   | rad               |   |

|      |      |    |   |
|------|------|----|---|
| sr   | 400  | mm | Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento |
| d/sr | 4.76 |    |   |

|         |        |                 |   |
|---------|--------|-----------------|---|
| Asw min | 1385.3 | mm <sup>2</sup> | Area di armatura minima a taglio-punz. di uno strato (se sono presenti solo staffe) |
|---------|--------|-----------------|---|

|           |           |                 |   |
|-----------|-----------|-----------------|---|
| $\varphi$ | <b>14</b> |                 | <i>Diametro armatura taglio-punzonamento</i>                            |
| n ferri   | <b>10</b> |                 | <i>Numero di ferri in uno strato</i>                                    |
| Asw       | 1539.4    | mm <sup>2</sup> | <i>Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato</i> |

### CAVALLOTTI

|          |        |                   |  |
|----------|--------|-------------------|--|
| fywd,ef  | 391.30 | N/mm <sup>2</sup> | <i>Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento</i> |
| $\alpha$ | 90.00  | °                 | <i>Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra</i>    |
|          | 1.57   | rad               |  |

|      |             |    |  |
|------|-------------|----|--|
| sr   | <b>1500</b> | mm | <i>Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento</i> |
| d/sr | 1.27        |    |  |

|         |        |                 |   |
|---------|--------|-----------------|---|
| Asw min | 5194.9 | mm <sup>2</sup> | <i>Area di armatura minima a taglio-punz di uno strato (se sono presenti solo cavallotti)</i> |
|---------|--------|-----------------|---|

|           |           |                 |   |
|-----------|-----------|-----------------|---|
| $\varphi$ | <b>20</b> |                 | <i>Diametro armatura taglio-punzonamento</i>                            |
| n ferri   | <b>2</b>  |                 | <i>Numero di ferri in uno strato</i>                                    |
| Asw       | 628.32    | mm <sup>2</sup> | <i>Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato</i> |

|                    |      |                   |  |
|--------------------|------|-------------------|--|
| V <sub>Rd,cs</sub> | 0.59 | N/mm <sup>2</sup> | <i>Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente</i> |
| V <sub>Ed</sub>    | 0.52 | N/mm <sup>2</sup> | <i>Tensione di taglio-punzonamento agente</i>                |
| Verifica           | ok   |                   |  |
| FS                 | 1.14 |                   |  |

## 7.7 RITEGNI SISMICI E BAGGIOLI

I **ritegni sismici trasversali** sono stati dimensionati e verificati secondo il modello di mensola tozza descritto nel §4.1.2.1.5 della circolare delle NTC2008. La forza sollecitante viene applicata nel baricentro della zona di contatto trave-ritegno.

L'armatura verticale dei ritegni è stata inoltre verificata nei confronti del tranciamento, mediante le due tipologie di verifica di seguito riportate.

- Verifica a tranciamento dell'acciaio:

$$\frac{A_s \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} > V_{Ed}$$

- Verifica a tranciamento calcolando l'azione tagliante nell'interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi, secondo la formulazione prevista al §6.2.5 dell'Eurocodice 1992-1-1.

La resistenza di progetto a taglio all'interfaccia è data da:

$$V_{Rd1} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 v f_{ctd}$$

Dove  $c$  e  $\mu$  sono fattori che dipendono dalla scabrezza dell'interfaccia e sono pari rispettivamente a 0.2 e 0.6 nel caso di superficie liscia (a favore di sicurezza).

Il dimensionamento dei **baggioli** è stato condotto effettuando le verifiche di seguito riportate.

- Verifica a tranciamento per il dimensionamento delle armature verticali;
- Verifica a compressione del cls, secondo quanto prescritto al §6.7 dell'Eurocodice 1992-1-1. Tale paragrafo fa riferimento a zone sottoposte ad elevate pressioni



localizzate, dunque adatto per la verifica di resistenza del calcestruzzo dei baggioli, in quanto sottoposto ad elevati carichi concentrati di compressione.

L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale in combinazione SLU agente sugli isolatori.

La forza di compressione ultima è data da:

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} \leq 3,0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} \quad (6.63)$$

dove:

$A_{c0}$  è l'area caricata;

$A_{c1}$  è la massima area di diffusione del carico utilizzata per il calcolo e che ha una forma ometetica a quella di  $A_{c0}$ .

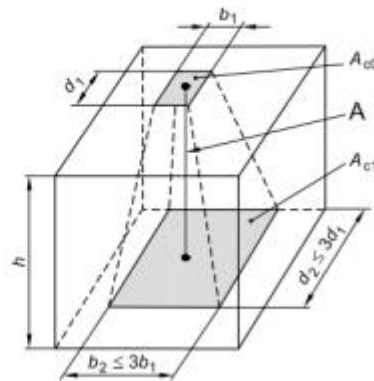
figura 6.29 Distribuzione di progetto nel caso di pressioni localizzate

Legenda

A Linea di azione

$h \geq (b_2 - b_1)$  e

$\geq (d_2 - d_1)$



- Verifica dell'armatura di confinamento del cls: costituita da staffe chiuse, verificate nei confronti del massimo sforzo normale di compressione (moltiplicato per il coefficiente di Poisson  $\nu=0.2$ ), per il baggiolo sottostante all'isolatore su cui agisce il massimo sforzo normale di compressione.

### 7.7.1 Verifica dei ritegni sismici trasversali

Sono presenti due ritegni sismici trasversali su ognuna delle pile del viadotto. Ogni ritegno ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.35 m, una larghezza nella direzione longitudinale del viadotto di 1m e una larghezza nella direzione trasversale del viadotto variabile, in funzione dell'altezza del baggiolo adiacente.

Sono stati dimensionati il ritegno sismico trasversale di altezza massima e minima, tra tutti quelli presenti nel viadotto; ovvero i ritegni della pila P11.

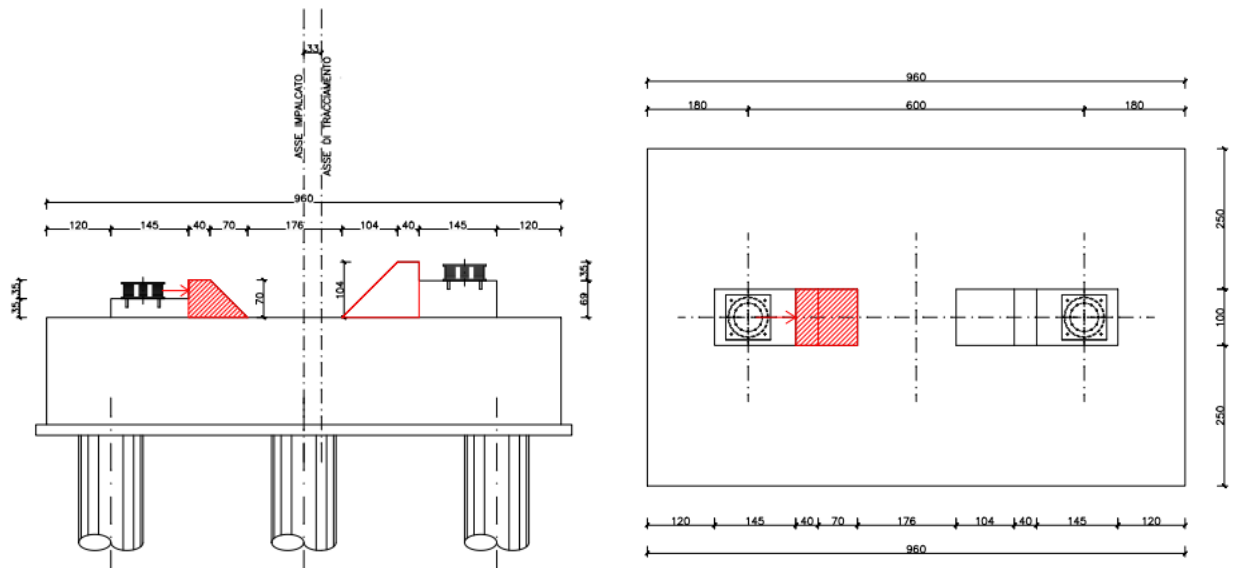
Le sollecitazioni maggiormente gravose con le quali dimensionare le armature dei ritegni sismici trasversali sono ricavate a partire dagli scarichi degli isolatori, riportati nel documento T03\_VI01\_STR\_RE01.

A favore di sicurezza, l'azione sollecitante è stata presa pari al massimo tra i tagli trasversali in combinazione SLV agenti ad estradosso pulvino di tutte le pile presenti nel viadotto.

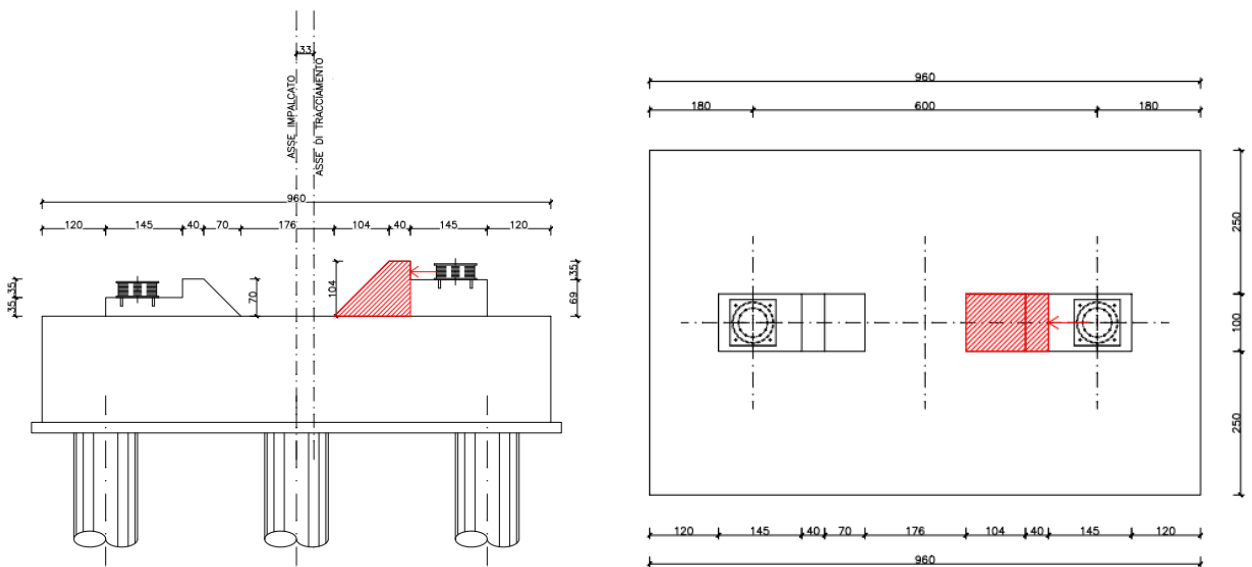
Il taglio trasversale massimo è quello della pila P5 ed è pari a:

$$V_{Ed} = 652 + 655 = 1307 \text{ kN}$$

A titolo di esempio si riporta nelle figure che seguono la carpenteria e lo schema di applicazione delle forze per i due ritegni della pila P11.



**Figura 93: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale di altezza minore - Pila P11**



**Figura 94: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale di altezza maggiore - Pila P11**

L'armatura resistente a trazione è costituita da uno strato di  $\Phi 24$  passo 10 cm. Le verifiche sono esplicitate nelle tabelle che seguono.

## Ritegno sismico trasversale di altezza massima

### DATI DI INPUT

#### 1) Resistenze materiali

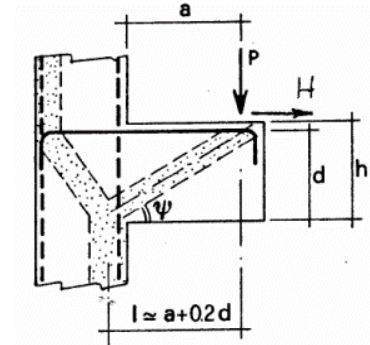
|                                    |                 |        |     |
|------------------------------------|-----------------|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | f <sub>ck</sub> | 35     | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | f <sub>cd</sub> | 19.83  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | f <sub>yd</sub> | 391.30 | MPa |

#### 2) Carichi agenti

|                    |                 |      |    |
|--------------------|-----------------|------|----|
| Carico verticale   | P <sub>ed</sub> | 1307 | kN |
| Carico orizzontale | H <sub>ed</sub> | 0    | kN |

#### 3) Geometria della mensola

|                                    |                  |        |         |
|------------------------------------|------------------|--------|---------|
| Altezza mensola                    | h <sub>c</sub>   | 1440   | mm      |
| Lunghezza della mensola            | l <sub>c</sub>   | 1040   | mm      |
| Distanza di applicazione carico    | a                | 840    | mm      |
| Profondità mensola                 | b                | 1000   | mm      |
| Copriferro netto + staffa esterna  | c                | 70     | mm      |
| Copriferro da asse tirante         | c <sub>tir</sub> | 82     | mm      |
| Altezza utile tirante superiore    | d                | 1358   | mm      |
| Braccio delle forze interne (0.9d) | z                | 1222.2 | mm      |
| Proiezione orizzontale del puntone | l                | 1111.6 | mm      |
| ctg ψ                              | λ                | 0.910  |         |
| Inclinazione puntone               | ψ                | 0.833  | rad     |
|                                    |                  |        | 47.71 ° |



### RESISTENZE E VERIFICHE

#### 1) Tirante

|                                   |                |      |                 |
|-----------------------------------|----------------|------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | φ              | 24   | mm              |
| Numero di barre per strato        | n strato       | 8    |                 |
| Numero strati                     | strati         | 1    |                 |
| Numero totale di barre            | n tot          | 8    |                 |
| Area barre                        | A <sub>s</sub> | 3619 | mm <sup>2</sup> |

|                           |                                  |         |    |
|---------------------------|----------------------------------|---------|----|
| Resistenza tirante        | PR <sub>s</sub>                  | 1557.08 | kN |
| Verifica                  | PR <sub>s</sub> >P <sub>ed</sub> | ok      |    |
| Coefficiente di sicurezza | F <sub>s</sub>                   | 1.19    |    |

#### 2) Puntone e G.d.R.

|   |                                  |         |    |
|---|----------------------------------|---------|----|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c                                | 1       |    |
| Resistenza puntone                          | PR <sub>c</sub>                  | 5896.15 | kN |
| Verifica                                    | PR <sub>c</sub> >P <sub>ed</sub> | ok      |    |
| Coefficiente di sicurezza                   | F <sub>c</sub>                   | 4.51    |    |
| Gerarchia delle resistenze                  | PR <sub>c</sub> >PR <sub>s</sub> | ok      |    |

## Verifiche a tranciamento

### Verifica a tranciamento (Acciaio)

|                               |                                  |        |                 |
|-------------------------------|----------------------------------|--------|-----------------|
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub>                  | 391.3  | MPa             |
| Area totale ferri             | A <sub>s,tot</sub>               | 7238.2 | mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a tranciamento     | V <sub>rd</sub>                  | 1635   | kN              |
| Taglio di calcolo             | V <sub>ed</sub>                  | 1307   | kN              |
| Verifica                      | V <sub>rd</sub> >V <sub>ed</sub> | ok     |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | F <sub>t</sub>                   | 1.25   |                 |

$$\frac{A_s \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

### Verifica a tranciamento - Eurocodice 1992-1-1

|                               |                  |         |                 |
|-------------------------------|------------------|---------|-----------------|
| Coeff. 1                      | c                | 0.2     |                 |
| Coeff. 2                      | μ                | 0.6     |                 |
| Resistenza a trazione cls     | f <sub>ctd</sub> | 1.50    | MPa             |
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub>  | 391.30  | MPa             |
| Resistenza di calcolo cls     | f <sub>cd</sub>  | 19.83   | MPa             |
| Angolo inclinazione ferri     | α                | 90      | °               |
| Coeff. 3                      | v                | 0.52    |                 |
| Area totale ferri             | A <sub>s</sub>   | 7238    | mm <sup>2</sup> |
| Area totale cls               | A <sub>c</sub>   | 1440000 | mm <sup>2</sup> |
| As/Ac                         | ρ                | 0.005   |                 |
| Resistenza di progetto        | τ <sub>rd</sub>  | 1.48    | MPa             |
| Tensione agente               | τ <sub>ed</sub>  | 0.91    | MPa             |
| Verifica                      | Verifica         | ok      |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | F <sub>s</sub>   | 1.63    |                 |

## Ritegno sismico trasversale di altezza minima

### DATI DI INPUT

#### 1) Resistenze materiali

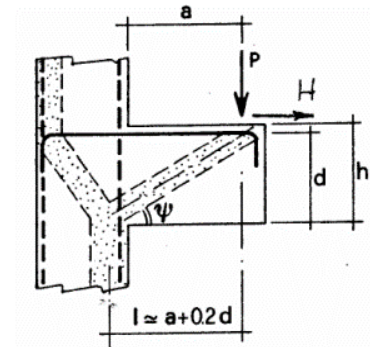
|                                    |                 |        |     |
|------------------------------------|-----------------|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | f <sub>ck</sub> | 35     | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | f <sub>cd</sub> | 19.83  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | f <sub>yd</sub> | 391.30 | MPa |

#### 2) Carichi agenti

|                    |                 |      |    |
|--------------------|-----------------|------|----|
| Carico verticale   | P <sub>ed</sub> | 1307 | kN |
| Carico orizzontale | H <sub>ed</sub> | 0    | kN |

#### 3) Geometria della mensola

|                                    |                  |       |         |
|------------------------------------|------------------|-------|---------|
| Altezza mensola                    | h <sub>c</sub>   | 1100  | mm      |
| Lunghezza della mensola            | l <sub>c</sub>   | 700   | mm      |
| Distanza di applicazione carico    | a                | 500   | mm      |
| Profondità mensola                 | b                | 1000  | mm      |
| Copriferro netto + staffa esterna  | c                | 70    | mm      |
| Copriferro da asse tirante         | c <sub>tir</sub> | 82    | mm      |
| Altezza utile tirante superiore    | d                | 1018  | mm      |
| Braccio delle forze interne (0.9d) | z                | 916.2 | mm      |
| Proiezione orizzontale del puntone | l                | 703.6 | mm      |
| ctg ψ                              | λ                | 0.768 |         |
| Inclinazione puntone               | ψ                | 0.916 | rad     |
|                                    |                  |       | 52.48 ° |



### RESISTENZE E VERIFICHE

#### 1) Tirante

|                                   |                |      |                 |
|-----------------------------------|----------------|------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | φ              | 24   | mm              |
| Numero di barre per strato        | n strato       | 8    |                 |
| Numero strati                     | strati         | 1    |                 |
| Numero totale di barre            | n tot          | 8    |                 |
| Area barre                        | A <sub>s</sub> | 3619 | mm <sup>2</sup> |

|                           |                                  |         |    |
|---------------------------|----------------------------------|---------|----|
| Resistenza tirante        | PR <sub>s</sub>                  | 1844.09 | kN |
| Verifica                  | PR <sub>s</sub> >P <sub>ed</sub> | ok      |    |
| Coefficiente di sicurezza | F <sub>s</sub>                   | 1.41    |    |

#### 2) Puntone e G.d.R.

|   |                                  |         |    |
|---|----------------------------------|---------|----|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c                                | 1       |    |
| Resistenza puntone                          | PR <sub>c</sub>                  | 5080.11 | kN |
| Verifica                                    | PR <sub>c</sub> >P <sub>ed</sub> | ok      |    |
| Coefficiente di sicurezza                   | F <sub>c</sub>                   | 3.89    |    |
| Gerarchia delle resistenze                  | PR <sub>c</sub> >PR <sub>s</sub> | ok      |    |

## Verifiche a tranciamento

### Verifica a tranciamento (Acciaio)

|                               |                                  |        |                 |
|-------------------------------|----------------------------------|--------|-----------------|
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub>                  | 391.3  | MPa             |
| Area totale ferri             | A <sub>s,tot</sub>               | 7238.2 | mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a tranciamento     | V <sub>rd</sub>                  | 1635   | kN              |
| Taglio di calcolo             | V <sub>ed</sub>                  | 1307   | kN              |
| Verifica                      | V <sub>rd</sub> >V <sub>ed</sub> | ok     |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | F <sub>t</sub>                   | 1.25   |                 |

$$\frac{A_s \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

### Verifica a tranciamento - Eurocodice 1992-1-1

|                               |                  |         |                 |
|-------------------------------|------------------|---------|-----------------|
| Coeff. 1                      | c                | 0.2     |                 |
| Coeff. 2                      | μ                | 0.6     |                 |
| Resistenza a trazione cls     | f <sub>ctd</sub> | 1.50    | MPa             |
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub>  | 391.30  | MPa             |
| Resistenza di calcolo cls     | f <sub>cd</sub>  | 19.83   | MPa             |
| Angolo inclinazione ferri     | α                | 90      | °               |
| Coeff. 3                      | v                | 0.52    |                 |
| Area totale ferri             | A <sub>s</sub>   | 7238    | mm <sup>2</sup> |
| Area totale cls               | A <sub>c</sub>   | 1100000 | mm <sup>2</sup> |
| As/Ac                         | ρ                | 0.007   |                 |
| Resistenza di progetto        | τ <sub>rd</sub>  | 1.84    | MPa             |
| Tensione agente               | τ <sub>ed</sub>  | 1.19    | MPa             |
| Verifica                      | Verifica         | ok      |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | F <sub>s</sub>   | 1.55    |                 |

## 7.7.2 Verifica dei baggioli

Le sollecitazioni maggiormente gravose con le quali dimensionare le armature dei baggioli sono ricavate a partire dagli scarichi degli isolatori, riportati nel documento T03 VI01 STR RE01.

### Verifiche a tranciamento

Nei baggioli è necessario disporre dei ferri verticali  $\Phi 20$ , con un numero totale di braccia pari a 20, per soddisfare le verifiche a tranciamento.

Il taglio di progetto è il massimo taglio risultante in combinazione sismica agente sugli isolatori. È pari a:

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Ed,long}^2 + V_{Ed,trasv}^2} = \sqrt{863^2 + 155^2} = 877 \text{ kN}$$

#### Verifica a tranciamento - Formulazione alternativa

|                               |                    |         |                 |
|-------------------------------|--------------------|---------|-----------------|
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub>    | 391.30  | MPa             |
| Area totale ferri             | A <sub>s,tot</sub> | 5654.9  | mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a tranciamento     | VRd                | 1277.55 | kN              |
| Taglio agente                 | V <sub>ed</sub>    | 876.83  | kN              |
| Verifica                      | Verifica           | ok      |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | FS                 | 1.46    |                 |

$$\frac{A_s \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}}$$



Verifica a tranciamento - Eurocodice 1992-1-1, par. 6.2.5

|                               |                 |         |                 |
|-------------------------------|-----------------|---------|-----------------|
| Coeff. 1                      | c               | 0.2     |                 |
| Coeff. 2                      | $\mu$           | 0.6     |                 |
| Resistenza a trazione cls     | fctd            | 1.50    | MPa             |
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub> | 391.30  | MPa             |
| Resistenza di calcolo cls     | f <sub>cd</sub> | 19.83   | MPa             |
| Angolo inclinazione ferri     | $\alpha$        | 90      | °               |
| Coeff. 3                      | v               | 0.52    |                 |
| Area totale ferri             | A <sub>s</sub>  | 5654.9  | mm <sup>2</sup> |
| Area totale cls               | A <sub>c</sub>  | 1450000 | mm <sup>2</sup> |
| As/Ac                         | $\rho$          | 0.004   |                 |
| Resistenza di progetto        | $\tau_{rd}$     | 1.22    | MPa             |
| Taglio agente                 | V <sub>ed</sub> | 876.83  |                 |
| Tensione agente               | $\tau_{ed}$     | 0.60    | MPa             |
| Verifica                      | Verifica        | ok      |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | FS              | 2.01    |                 |

## Verifica a compressione del cls

L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale in combinazione SLU agente sugli isolatori; pari a 11940 kN.

A favore di sicurezza, la verifica viene condotta considerando l'altezza minima dei baggioli presenti, pari a 0.35m.

|                   |          |                |   |                    |    |
|-------------------|----------|----------------|---|--------------------|----|
| Ned               | 11940    | kN             | Sforzo di compressione massimo di progetto            | $h \geq b_2 - b_2$ | ok |
| b1                | 0.85     | m              | Larghezza piastra appoggio in direzione trasversale   | $h \geq d_2 - d_1$ | ok |
| d1                | 0.85     | m              | Larghezza piastra appoggio in direzione longitudinale | $b_2 < 3 b_1$      | ok |
| h                 | 0.35     | m              | Altezza baggiolo                                      | $d_2 < 3 d_1$      | ok |
| L trasv           | 1.45     | m              | Larghezza baggiolo in direzione longitudinale         |                    |    |
| L long            | 1        | m              | Larghezza baggiolo in direzione trasversale           |                    |    |
| b2                | 1.2      | m              | Larghezza area diffusione direzione trasv (massima)   |                    |    |
| d2                | 1        | m              | Larghezza area diffusione direzione long (massima)    |                    |    |
| A <sub>c,0</sub>  | 0.7225   | m <sup>2</sup> | Area caricata   |                    |    |
| A <sub>c,1</sub>  | 1.200    | m <sup>2</sup> | Area di diffusione del carico                         |                    |    |
| f <sub>ck</sub>   | 35       | MPa            | Resistenza caratteristica cilindrica                  |                    |    |
| f <sub>cd</sub>   | 19.83    | MPa            | Resistenza cilindrica di progetto                     |                    |    |
| F <sub>r,du</sub> | 18467.38 | kN             | Forza di compressione ultima                          |                    |    |
| F <sub>r,du</sub> | 18467    | kN             | Forza di compressione ultima                          |                    |    |
| Ned               | 11940    | kN             | Sforzo di compressione massimo                        |                    |    |
| Verifica          | ok       |                |   |                    |    |
| FS                | 1.55     |                | Coefficiente di sicurezza                             |                    |    |

### Verifica dell'armatura di confinamento del cls

L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale in combinazione SLU, pari a 11940kN.

Risultano verificati 2 strati di  $\Phi 20$  a 2 bracci (staffe chiuse) + 3 strati di  $\Phi 20$  a 6 bracci (spille), i quali forniscono una resistenza al confinamento pari a:  $N_{Rd} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{v}$ .

|          |        |                 |
|----------|--------|-----------------|
| $\phi_w$ | 20     | mm              |
| nbr      | 6      |                 |
| nstr     | 3      |                 |
| Aw       | 5654.9 | mm <sup>2</sup> |

Diametro spille  
Numero braccia  
Numero strati  
Area spille

|          |        |                 |
|----------|--------|-----------------|
| $\phi_w$ | 20     | mm              |
| nbr      | 2      |                 |
| nstr     | 2      |                 |
| Aw       | 1256.6 | mm <sup>2</sup> |

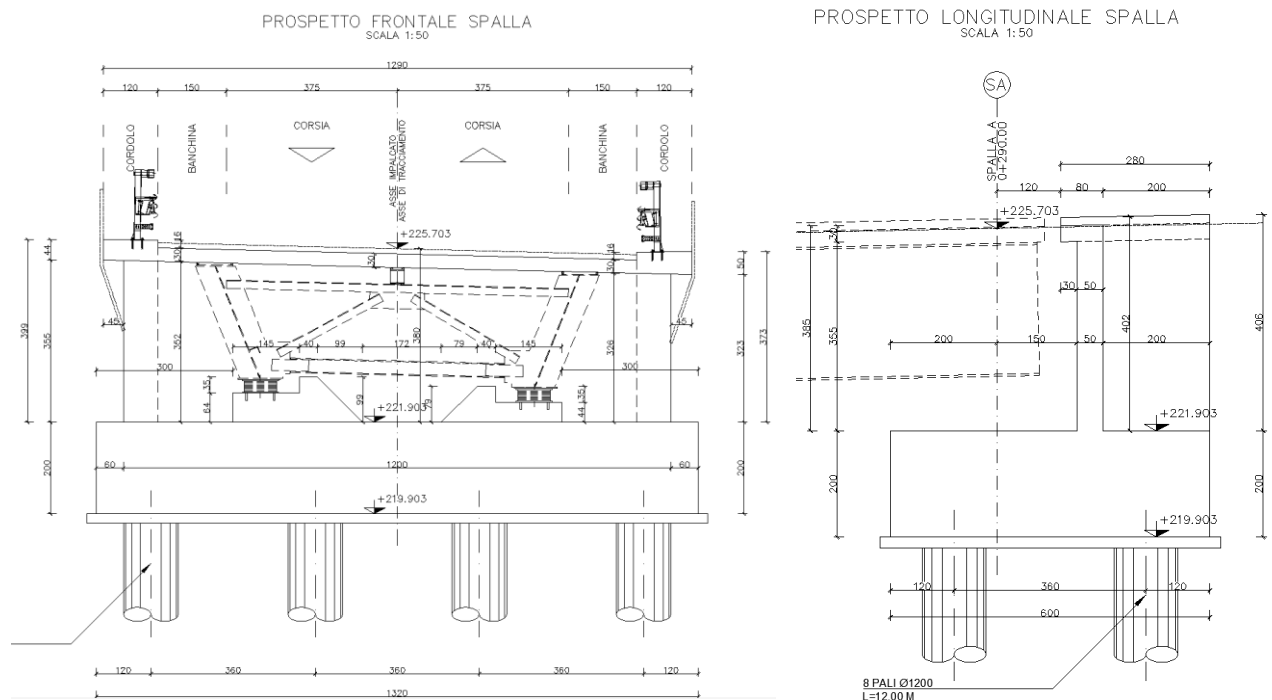
Diametro staffe  
Numero braccia  
Numero strati  
Area staffe

|             |            |     |
|-------------|------------|-----|
| $f_{yd}$    | 391.30     | MPa |
| $\nu$       | 0.2        |     |
| Nrd         | 13523      | kN  |
| Ned         | 11940      | kN  |
| Verifica FS | ok<br>1.13 |     |

Resistenza di calcolo acciaio  
Coeff. Di Poisson  
Forza resistente di progetto  
Sforzo di compressione massimo

## 8 ANALISI E MODELLAZIONE DELLE SPALLE

La Spalla A è costituita da un muro paraghiaia con spessore pari a 0.50 m e altezza massima pari a 4.05 m ed altezza pari a 3.79 m in corrispondenza dell'asse di tracciamento.



**Figura 95 - Prospetto trasversale e prospetto longitudinale**

La zattera di fondazione ha dimensioni in pianta 13.20 m x 6.00 m e altezza pari a 2.00 m su 8 pali  $\Phi 1200$  L = 12 m.

I baggioli hanno un'altezza di 0.44 m e di 0.64 m ed i rispettivi ritegni sismici hanno un'altezza massima di 0.79 m e di 0.99 m.

PIANTA FONDAZIONE SPALLA  
SCALA 1:50

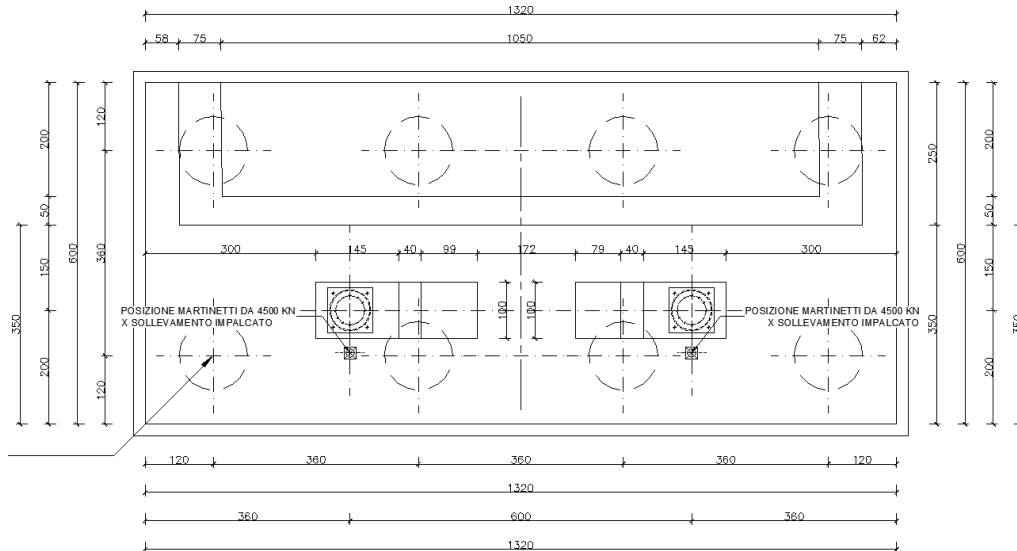
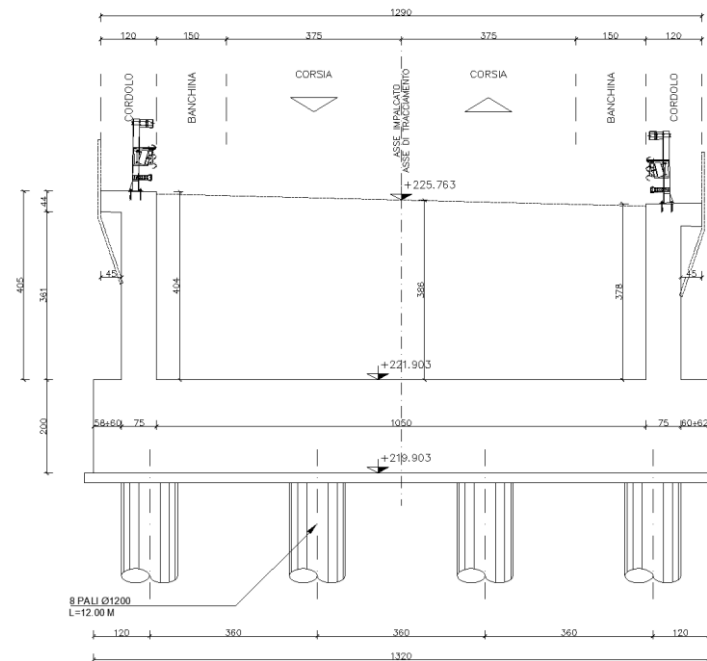


Figura 96 - Pianta fondazione spalla

SEZIONE TRASVERSALE SPALLA  
SCALA 1:50



SEZIONE LONGITUDINALE SPALLA  
SCALA 1:50

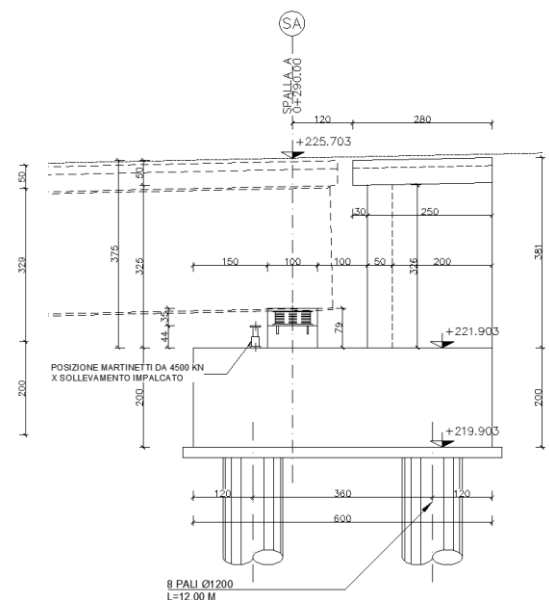
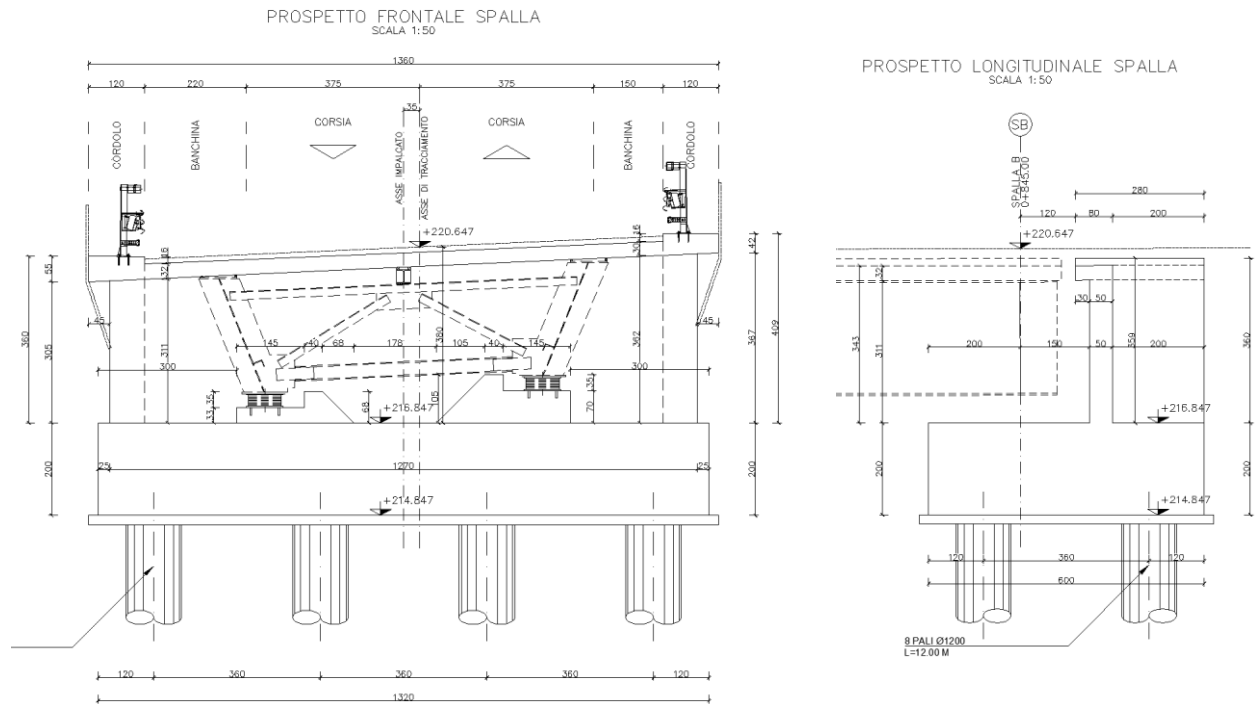


Figura 97 - Sezione trasversale e sezione longitudinale

La Spalla B è costituita da un muro paraghiaia con spessore pari a 0.50 m e altezza massima pari a 4.10 m ed altezza pari a 3.61 m in corrispondenza dell'asse di tracciamento.



**Figura 98 - Prospetto trasversale e prospetto longitudinale**

La zattera di fondazione ha dimensioni in pianta 13.20 m x 6.00 m e altezza pari a 2.00 m su 8 pali  $\Phi 1200$  L = 12 m.

I baggioli hanno un'altezza di 0.33 m e di 0.70 m ed i rispettivi ritegni sismici hanno un'altezza massima di 0.68 m e di 1.05 m.

PIANTA FONDAZIONE SPALLA  
SCALA 1:50

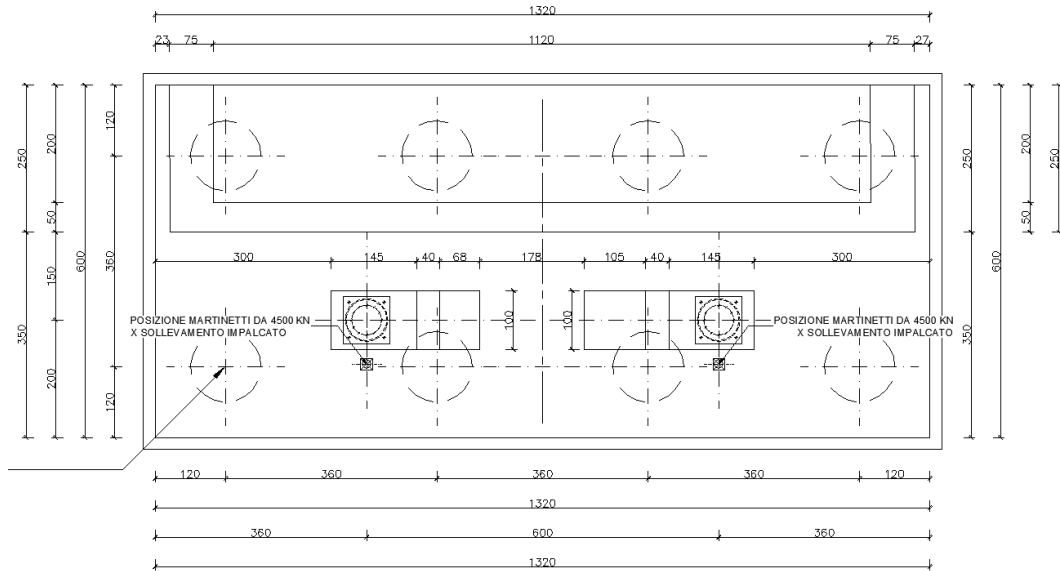
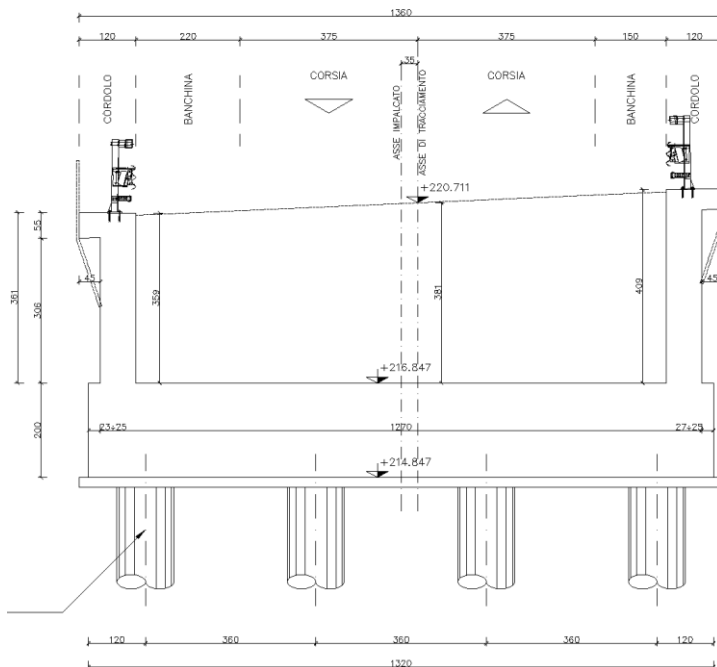


Figura 99 - Pianta fondazione spalla

SEZIONE TRASVERSALE SPALLA  
SCALA 1:50



SEZIONE LONGITUDINALE SPALLA  
SCALA 1:50

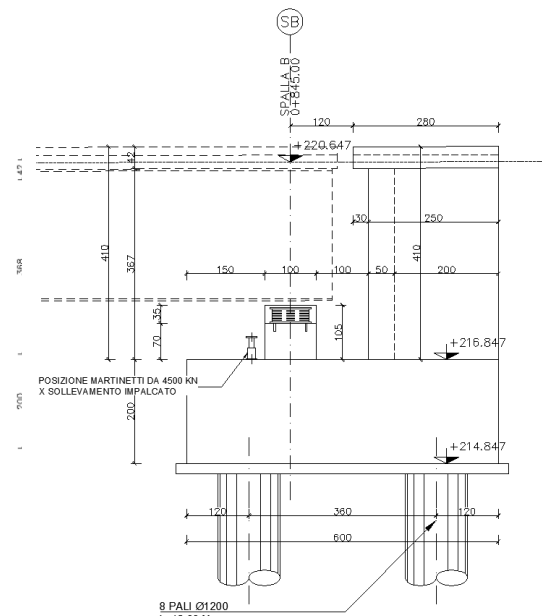


Figura 100 - Sezione trasversale e sezione longitudinale

## 8.1 MODELLO DI CALCOLO

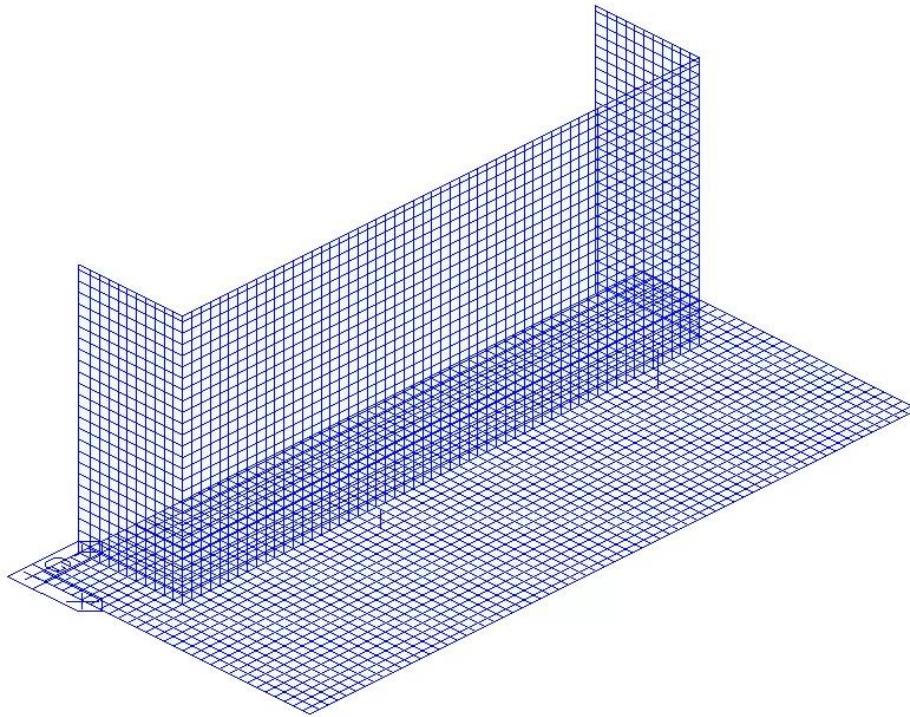
Le sollecitazioni di verifica della spalla sono state determinate mediante l'ausilio di un modello spaziale nel programma di calcolo Midas Civil (2022 v1.2), sviluppato da MIDAS Information Technology Co (1989) e distribuito in Italia da CSPFea. Il software Midas Civil è validato da NAFEMS, Ente internazionale che valida e promuove l'utilizzo dei metodi di simulazione numerica nell'ingegneria, attraverso Regression Test e Benchmark. Prima della commercializzazione è stato inoltre testato attraverso modelli numerici validati con test di laboratorio.

Per le analisi è stata presa come riferimento la spalla B.

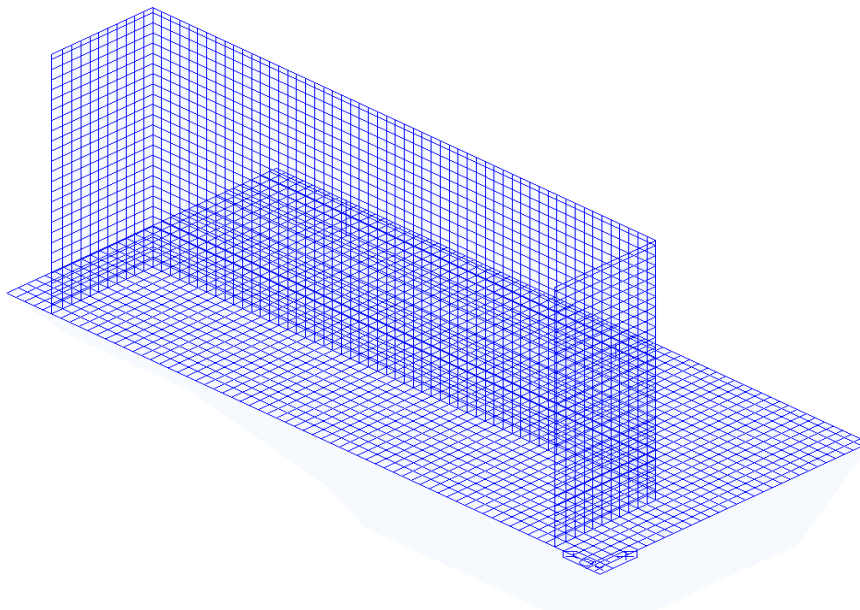
Per la spalla B i muri e la platea di fondazione sono stati modellati attraverso elementi "plate", con spessore pari a 0.5 m per il muro frontale, 0.8 m per la trave paraghiaia e 2.0 m per la platea. I due muri andatori, invece, hanno uno spessore costante di 0.75 m. Tutti gli elementi in elevazione e la platea di fondazione sono stati modellati nel proprio piano medio.

I muri sono ad altezza variabile, in particolare per l'andatore della spalla A da 4.05 m a 3.79 m, mentre per la spalla B l'altezza varia da 4.10 m a 3.61 m; nel modello di calcolo a vantaggio di sicurezza è stato implementato un muro frontale semplificato rappresentativo di entrambe le spalle, di altezza costante e pari a 4.10 m ovvero la massima tra le due spalle.

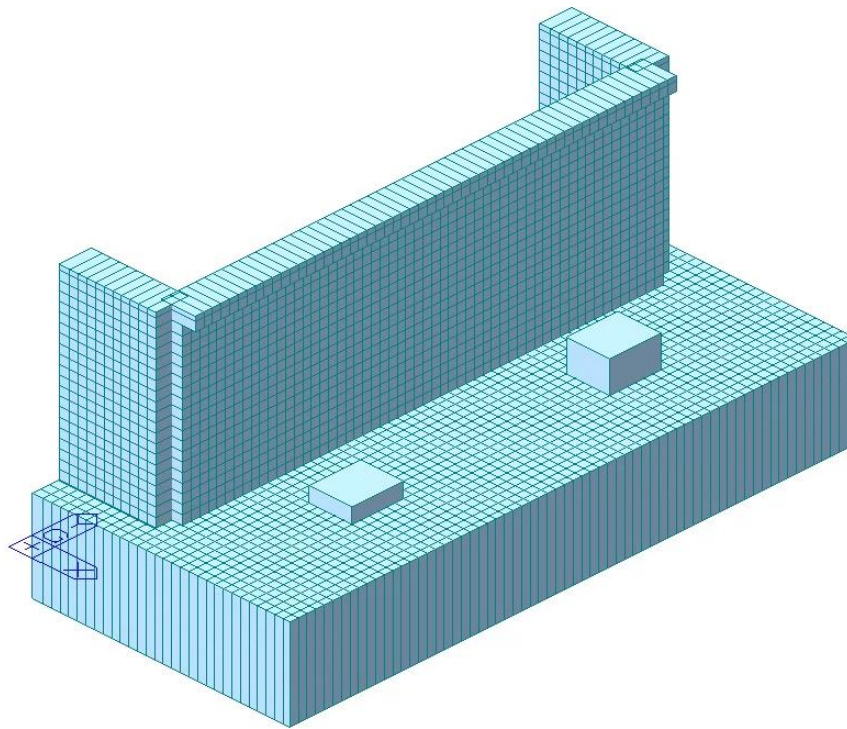




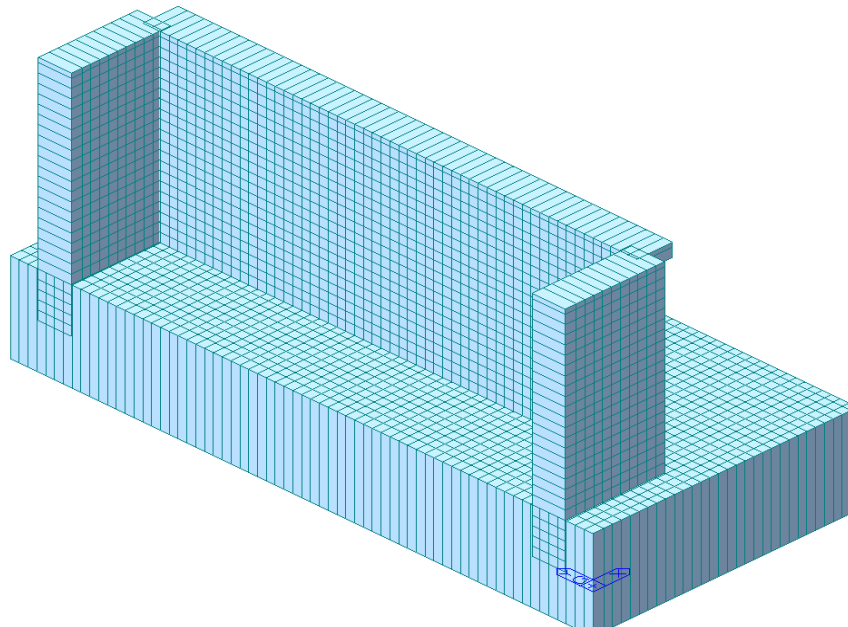
**Figura 101 – Vista prospettica del modello della spalla A**



**Figura 102 – Vista prospettica del modello della spalla A**



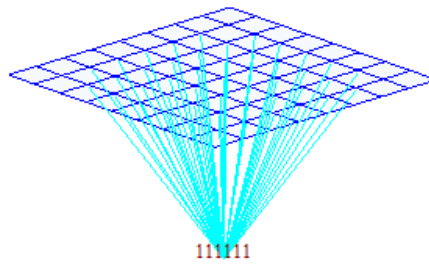
**Figura 103 – Vista prospettica estrusa del modello della spalla A**



**Figura 104 – Vista prospettica estrusa del modello della spalla A**

I pali di fondazione non sono stati modellati esplicitamente, ma implementati attraverso vincoli di cerniera sferica posti in corrispondenza dell'intradosso della platea.

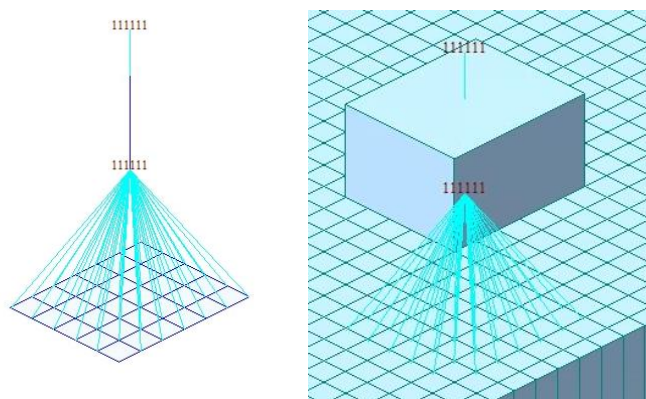
Il collegamento dei pali alla platea di fondazione è stato gestito mediante vincoli cinematici di tipo "rigid".



**Figura 105 – Collegamento palo – platea**

Anche i dispositivi d'appoggio non sono modellati esplicitamente, ma sono rappresentati da nodi collegati in testa ai baggioli attraverso "rigid link"

A loro volta i baggioli della spalla, modellati con degli elementi "beam" monodimensionali, sono collegati al piano medio della platea da "rigid link" che ripartiscono le azioni applicate su una larghezza pari a quella dei baggioli stessi.



**Figura 106 – Collegamento dispositivi di appoggio – baggio – platea**

### 8.1.1 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y parallelo all'asse trasversale dell'impalcato
- Asse Z verticale
- Lunghezze [m]
- Forze [kN]

## 8.2 ANALISI DEI CARICHI

Si aggiungono ulteriori informazioni a quelle già riportate al capitolo 4.

Le sollecitazioni sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio, alle quali sono state combinate le azioni determinate dalle spinte del terreno di riempimento, del sovraccarico accidentale e della pavimentazione, in condizioni sia statiche che sismiche, e le azioni dovute alle forze di inerzia e al peso proprio di tutti gli elementi costituenti le sottostrutture.

### 8.2.1 Carichi permanenti strutturali e non strutturali (g1)

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati automaticamente dal programma di calcolo Midas Civil utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

Per il terrapieno, invece, si considera un peso di volume di  $19 \text{ kN/m}^3$ , da cui si ottiene un carico ripartito per unità di superficie, applicato nella parte di platea compresa tra il muro frontale e i due muri andatori, pari a  $64.6 \text{ kN/m}^2$  per la spalla A.

Si considera inoltre un carico uniformemente distribuito su una superficie di lunghezza pari a quella del terrapieno e larghezza pari a 12.0 m per tener conto della presenza della pavimentazione sulla spalla.

Tale carico è ottenuto moltiplicando il peso specifico della pavimentazione per uno spessore assunto pari a 0.16 m.

$$q = 24.0 \cdot 0.16 = 3.84 \text{ kN/m}^2$$

### 8.2.2 Spinta litostatica del terrapieno

Si assume per il terreno a tergo delle spalle un angolo di attrito  $\varphi' = 35^\circ$  ed un peso per unità di volume  $\gamma_T = 19 \text{ kN/m}^3$ .

Nell'ipotesi di spostamenti molto piccoli della struttura rispetto al terreno, la spinta del terrapieno viene valutata sulla base dello stato di riposo:

$$S(z) = k_0 \cdot \gamma_T \cdot z$$

in cui

$$k_0 = 1 - \text{sen}\varphi = 0.426 \quad \text{è il coefficiente di spinta a riposo.}$$

### 8.2.3 Spinta statica della pavimentazione sul terrapieno

La spinta viene valutata considerando il carico uniformemente distribuito rappresentativo dello strato di pavimentazione al di sopra del terrapieno, descritto nel § 7.1 della presente relazione. Nell'ipotesi di spostamenti molto piccoli della struttura rispetto al terreno, la spinta della pavimentazione viene valutata sulla base dello stato di riposo:

$$S(z) = k_0 \cdot q$$

in cui

$$k_0 = 1 - \text{sen}\varphi = 0.426 \quad \text{è il coefficiente di spinta a riposo.}$$

## 8.2.4 Spinta statica del sovraccarico agente sul terrapieno

La spinta viene valutata considerando un sovraccarico accidentale di 20 kN/m<sup>2</sup>. Nell'ipotesi di spostamenti molto piccoli della struttura rispetto al terreno, la spinta del sovraccarico accidentale viene valutata sulla base dello stato di riposo:

$$S(z) = k_0 \cdot q$$

in cui

$k_0 = 1 - \sin\varphi = 0.426$  è il coefficiente di spinta a riposo.

## 8.2.5 Carichi orizzontali da traffico su muro paraghiaia(e)

Secondo quanto previsto al paragrafo C5.1.3.3.5.2 della Circolare 21 gennaio 2019, ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e dei muri laterali, i carichi orizzontali da traffico sui rilevati o sui terrapieni possono essere considerati assenti. Per il calcolo dei muri paraghiaia si deve, invece, considerare un'azione orizzontale longitudinale di frenamento, applicata alla testa del muro paraghiaia, di valore caratteristico pari al 60% del carico asse Q<sub>1k</sub>. Pertanto, si è considerato un carico orizzontale di 180 kN, concomitante con un carico verticale di 300 kN, collocati nelle posizioni più sfavorevoli al soddisfacimento delle verifiche.

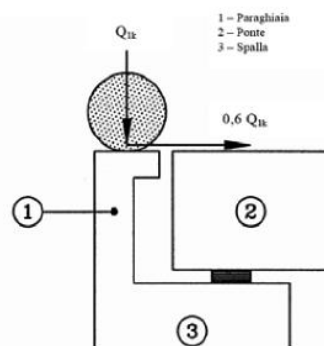


Figura C5.1.1 - Carichi da traffico su muri paraghiaia



## 8.2.6 Azione sismica (E)

Per la valutazione dell'azione sismica si rimanda al §4.13.

### 8.2.6.1 Calcolo dell'azione sismica

L'azione sismica viene considerata attraverso un'analisi pseudo-statica. In particolare, le azioni di inerzia in direzione orizzontale sono calcolate come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

in cui  $k_h$  è il coefficiente sismico orizzontale:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito  $a_{max}$  è valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

- $S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ );
- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario, come definito nel § 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 in riferimento a muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Per le azioni inerziali in direzione verticale, invece, risulta valida la seguente espressione:

$$F_v = k_v \cdot W$$

dove:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Essendo la massima accelerazione orizzontale attesa al sito pari a **0.286g**, si ottengono, per il coefficiente sismico orizzontale e per quello verticale, i seguenti valori:

$$k_h = 0.310$$

$$k_v = 0.155$$

### 8.2.6.2 Spinta del terrapieno in condizioni sismiche

La spinta esercitata dal terrapieno in condizioni sismiche viene valutata con la teoria di Mononobe-Okabe, considerando il raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite attivo:

$$S_{a,E} = S_a + \Delta S_{a,E}$$

dove  $S_a$  rappresenta la spinta attiva del terreno valutata in condizioni statiche, e  $\Delta S_{a,E}$  l'incremento dovuto all'azione sismica.

In particolare, la spinta attiva in condizioni statiche è:

$$S_a(z) = k_a \cdot \gamma_T \cdot z$$

dove  $k_a$  viene valutato con la formula di Rankine:

$$k_a = \frac{1 - \sin\varphi'}{1 + \sin\varphi'} = 0.271$$

L'espressione di Mononobe-Okabe permette di calcolare direttamente la risultante delle due componenti, che risulta quindi pari a:

$$S_{a,E}(z) = k_{a,E} \cdot \gamma_T \cdot z \cdot (1 \pm k_v)$$

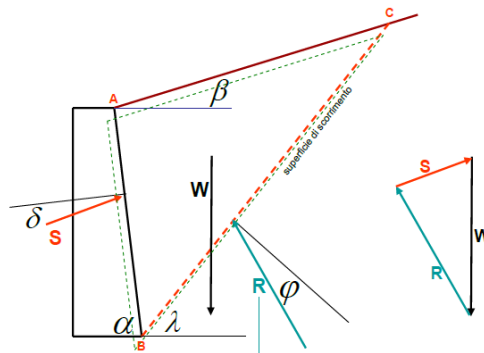
Il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche viene calcolato come:

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta - \theta)}{\sin(\alpha - \delta - \theta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

dove:

- $\alpha$  = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale del paramento del muro, pari a 90°;
- $\varphi$  = angolo d'attrito del terrapieno, pari a 35°;
- $\delta$  = angolo d'attrito muro-terreno, pari a 0°;
- $\beta$  = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno, pari a 0°.





**Figura 107 – Parametri per il calcolo del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche**

L'angolo  $\theta$  tiene conto invece della presenza della componente verticale dell'azione sismica:

$$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Nei calcoli si utilizzano coefficienti di spinta attiva  $k_{a,E+} = 0.450$  e  $k_{a,E-} = 0.544$  per un sisma la cui componente verticale è diretta rispettivamente verso il basso e verso l'alto.

### 8.2.6.3 Spinta della pavimentazione sul terrapieno in condizioni sismiche

La spinta viene valutata, attraverso l'espressione di Mononobe-Okabe, considerando il carico uniformemente distribuito rappresentativo dello strato di pavimentazione presente al di sopra del terrapieno, nell'ipotesi di raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite attivo:

$$S_{a,E}(z) = k_{a,E} \cdot q \cdot (1 - k_v)$$

in cui:

- $q = 3.84 \text{ kN/m}^2$  è il carico della pavimentazione;
- $k_{a,E+} = 0.450$  è il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche per la componente verticale del sisma diretta verso il basso;
- $k_{a,E-} = 0.544$  è il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche per la componente verticale del sisma diretta verso l'alto.

#### 8.2.6.4 Spinta del sovraccarico in condizioni sismiche

La spinta viene valutata, attraverso l'espressione di Mononobe-Okabe, considerando il sovraccarico accidentale, nell'ipotesi di raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite attivo:

$$S_{a,E}(z) = k_{a,E} \cdot q \cdot (1 - k_v)$$

in cui:

- $q = 20.0 \text{ kN/m}^2$  è il carico accidentale da traffico;
- $k_{a,E+} = 0.450$  è il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche per la componente verticale del sisma diretta verso il basso;
- $k_{a,E-} = 0.544$  è il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche per la componente verticale del sisma diretta verso l'alto.

#### 8.2.6.5 Azioni di inerzia legate alla massa dell'impalcato

Le azioni inerziali trasmesse dall'impalcato sono dovute alla massa degli elementi strutturali e non strutturali, trasmesse alla spalla dal sistema di vincolo, in questo caso dal sistema di isolamento.

Di conseguenza, per entrambe le spalle si ha:

$$F_{h,long} = 491.5 \text{ kN}$$

$$F_{h,trasv} = 432.3 \text{ kN}$$

$$F_v = 628.9 \text{ kN}$$

#### 8.2.6.6 Azioni di inerzia legate alla massa degli elementi strutturali

Le azioni di inerzia degli elementi strutturali sono introdotte nel modello di calcolo come carichi ripartiti per unità di superficie.

In particolare, in direzione orizzontale tali azioni sono calcolate come:

$$p_h = k_h \cdot \gamma_c \cdot t$$

in cui:

- $k_h = 0.310$  è il coefficiente sismico orizzontale;
- $\gamma_c$  è il peso specifico del calcestruzzo, assunto pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ ;
- $t$  è lo spessore dei diversi elementi strutturali costituenti la spalla.

Per la spalla A si ottengono, di conseguenza, i seguenti carichi ripartiti:

$$p_h = 3.88 \text{ kN/m}^2 \text{ per il muro frontale;}$$

$$p_h = 7.63 \text{ kN/m}^2 \text{ per la trave paraghiaia;}$$

$$p_h = 5.81 \text{ kN/m}^2 \text{ per i muri andatori;}$$

$$p_h = 15.50 \text{ kN/m}^2 \text{ per la platea di fondazione.}$$

In direzione verticale, invece, le azioni inerziali sono calcolate come:

$$p_v = k_v \cdot \gamma_c \cdot t$$

dove  $k_v = 0.155$  è il coefficiente sismico verticale.

Per la spalla A i carichi applicati nel modello sono quindi i seguenti:

$$p_v = 1.94 \text{ kN/m}^2 \text{ per il muro frontale;}$$

$$p_v = 5.69 \text{ kN/m}^2 \text{ per la trave paraghiaia;}$$

$$p_v = 2.91 \text{ kN/m}^2 \text{ per i muri andatori;}$$

$$p_v = 10.7 \text{ kN/m}^2 \text{ per la platea di fondazione.}$$

#### *8.2.6.7 Azioni di inerzia legate alla massa del terrapieno*

La risultante della forza di inerzia in direzione orizzontale viene calcolata come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

dove  $W$  è il peso del volume di terreno all'interno del cuneo di spinta attiva.

Le azioni di inerzia legate alla massa del terrapieno sono introdotte nel modello di calcolo come carichi ripartiti per unità di superficie. In particolare, per il sisma in direzione longitudinale la pressione è applicata sulla superficie interna del muro frontale.

Spalla A:

$$p_{long} = 5.5 \text{ kN/m}^2$$

Per quello in direzione trasversale la pressione è applicata sulla superficie interna del muro andatore.

Spalla A:

$$p_{trasv} = 27.5 \text{ kN/m}^2$$

In direzione verticale, invece, la risultante della forza di inerzia viene calcolata come:

$$F_v = k_v \cdot W$$

dove  $W$  è pari al peso dell'intero terrapieno. Questa azione è introdotta nel modello come un carico verticale per unità di superficie applicato sull'area di platea compresa fra il muro frontale e i due muri andatori. Tale pressione, per le due spalle, risulta quindi pari ai valori di seguito riportati.

Spalla A:

$$p_{vert} = 10.0 \text{ kN/m}^2$$

### 8.2.6.8 Azioni di inerzia legate alla massa della pavimentazione terrapieno

La risultante della forza d'inerzia in direzione orizzontale è calcolata come:

$$F_h = k_h \cdot W_b$$

dove  $W_b$  è il peso complessivo della pavimentazione presente sul terrapieno.

Tale azione viene introdotta nel modello come una forza per unità di lunghezza applicata in testa alla trave paraghiaia, per il sisma in direzione longitudinale, ed in testa al muro andatore per il sisma in direzione trasversale.

Spalla A:

$$f_{long} = 2.54 \text{ kN/m}$$

$$f_{trasv} = 12.70 \text{ kN/m}$$

### 8.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Nel seguito si riportano le combinazioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e quindi, delle verifiche strutturali.

|   | SLU_1 | SLU_2 | SLU_3 | SLU_4 | SLU_5  | SLU_6  | SLU_7  | SLU_8  |
|---|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| PP                                      | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35   | 1.35   | 1.35   | 1.35   |
| SPINTA TERRENO                          | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35   | 1.35   | 1.35   | 1.35   |
| SPINTA PAVIMENTAZIONE                   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    |
| SPINTA SOVRACCARICO                     | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.0125 | 1.0125 | 1.0125 | 1.0125 |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO X (1-kv)    |       |       |       |       |        |        |        |        |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO Y_SX (1-kv) |       |       |       |       |        |        |        |        |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE X (1-kv)  |       |       |       |       |        |        |        |        |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE Y (1-kv)  |       |       |       |       |        |        |        |        |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO X (1+kv)    |       |       |       |       |        |        |        |        |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO Y_SX (1+kv) |       |       |       |       |        |        |        |        |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE X (1+kv)  |       |       |       |       |        |        |        |        |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE Y (1+kv)  |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA SPALLA X                        |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA SPALLA Y                        |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA SPALLA Z+                       |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA SPALLA Z-                       |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA TERRA X                         |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA TERRA Y                         |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA TERRA Z+                        |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA TERRA Z-                        |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA PAVIMENTAZIONE X                |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA PAVIMENTAZIONE Y                |       |       |       |       |        |        |        |        |
| PP TERRENO                              | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35   | 1.35   | 1.35   | 1.35   |
| PP PAVIMENTAZIONE                       | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    |
| PP SOVRACCARICO                         | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.0125 | 1.0125 | 1.0125 | 1.0125 |
| SPINTA ATTIVA TERRENO                   |       |       |       |       |        |        |        |        |
| PERMANENTI IMPALCATO                    | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35   | 1.35   | 1.35   | 1.35   |
| PERMANENTI NON STRUT IMPALCATO          | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 1.5    |
| CARICHI MOBILI KK Nmax                  | 1.35  |       |       |       |        |        |        |        |
| CARICHI MOBILI KK Nmin                  |       | 1.35  |       |       |        |        |        |        |
| CARICHI MOBILI KK M1max                 |       |       | 1.35  |       |        |        |        |        |
| CARICHI MOBILI KK M1min                 |       |       |       | 1.35  |        |        |        |        |
| CARICHI MOBILI FQ Nmax                  |       |       |       |       | 1.35   | 1.35   |        |        |
| CARICHI MOBILI FQ Nmin                  |       |       |       |       |        |        |        |        |
| CARICHI MOBILI FQ M1max                 |       |       |       |       |        |        | 1.35   | 1.35   |
| CARICHI MOBILI FQ M1min                 |       |       |       |       |        |        |        |        |
| FRENATURA +                             |       |       |       |       | 1.35   |        |        |        |
| FRENATURA -                             |       |       |       |       |        | 1.35   |        |        |
| AZIONE CENTRIFUGA                       |       |       |       |       |        |        | 1.35   |        |
| VENTO PONTE CARICO                      | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9    | 0.9    | 0.9    | 1.5    |
| INERZIA IMPALCATO X                     |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA IMPALCATO Y                     |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA IMPALCATO Z+                    |       |       |       |       |        |        |        |        |
| INERZIA IMPALCATO Z-                    |       |       |       |       |        |        |        |        |
| RESISTENZE PARASSITE PERM               | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35   | 1.35   | 1.35   |        |
| RESISTENZE PARASSITE MOBILI             | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.35  | 1.0125 | 1.0125 | 1.0125 |        |

|   | Ex+0.3Ey+0.3 Ez- | Ex+0.3Ey+0.3 Ez+ | Ey+0.3Ex+0.3Ez- | Ey+0.3Ex+0.3Ez+ | Ez-+0.3Ex+0.3Ey | Ez++0.3Ex+0.3Ey |
|---|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| PP                                      | 1                | 1                | 1               | 1               | 1               | 1               |
| SPINTA TERRENO                          |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| SPINTA PAVIMENTAZIONE                   |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| SPINTA SOVRACCARICO                     |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO X (1-kv)    | 1                |                  | 0.3             |                 | 0.3             |                 |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO Y_SX (1-kv) | 0.3              |                  | 1               |                 | 0.3             |                 |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE X (1-kv)  | 1                |                  | 0.3             |                 | 0.3             |                 |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE Y (1-kv)  | 0.3              |                  | 1               |                 | 0.3             |                 |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO X (1+kv)    |                  | 1                |                 | 0.3             |                 | 0.3             |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO Y_SX (1+kv) |                  | 0.3              |                 | 1               |                 | 0.3             |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE X (1+kv)  |                  | 1                |                 | 0.3             |                 | 0.3             |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE Y (1+kv)  |                  | 0.3              |                 | 1               |                 | 0.3             |
| INERZIA SPALLA X                        | 1                | 1                | 0.3             | 0.3             | 0.3             | 0.3             |
| INERZIA SPALLA Y                        | 0.3              | 0.3              | 1               | 1               | 0.3             | 0.3             |
| INERZIA SPALLA Z+                       | 0.3              |                  | 0.3             |                 | 1               |                 |
| INERZIA SPALLA Z-                       |                  | 0.3              |                 | 0.3             |                 | 1               |
| INERZIA TERRA X                         | 1                | 1                | 0.3             | 0.3             | 0.3             | 0.3             |
| INERZIA TERRA Y                         | 0.3              | 0.3              | 1               | 1               | 0.3             | 0.3             |
| INERZIA TERRA Z+                        | 0.3              |                  | 0.3             |                 | 1               |                 |
| INERZIA TERRA Z-                        |                  | 0.3              |                 | 0.3             |                 | 1               |
| INERZIA PAVIMENTAZIONE X                | 1                | 1                | 0.3             | 0.3             | 0.3             | 0.3             |
| INERZIA PAVIMENTAZIONE Y                | 0.3              | 0.3              | 1               | 1               | 0.3             | 0.3             |
| PP TERRENO                              | 1                | 1                | 1               | 1               | 1               | 1               |
| PP PAVIMENTAZIONE                       | 1                | 1                | 1               | 1               | 1               | 1               |
| PP SOVRACCARICO                         |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| SPINTA ATTIVA TERRENO                   | 1                | 1                | 1               | 1               | 1               | 1               |
| PERMANENTI IMPALCATO                    | 1                | 1                | 1               | 1               | 1               | 1               |
| PERMANENTI NON STRUT IMPALCATO          | 1                | 1                | 1               | 1               | 1               | 1               |
| CARICHI MOBILI KK Nmax                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| CARICHI MOBILI KK Nmin                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| CARICHI MOBILI KK M1max                 |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| CARICHI MOBILI KK M1min                 |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| CARICHI MOBILI FQ Nmax                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| CARICHI MOBILI FQ Nmin                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| CARICHI MOBILI FQ M1max                 |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| CARICHI MOBILI FQ M1min                 |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| FRENATURA +                             |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| FRENATURA -                             |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| AZIONE CENTRIFUGA                       |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| VENTO PONTE CARICO                      |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| INERZIA IMPALCATO X                     | 1                | 1                | 0.3             | 0.3             | 0.3             | 0.3             |
| INERZIA IMPALCATO Y                     | 0.3              | 0.3              | 1               | 1               | 0.3             | 0.3             |
| INERZIA IMPALCATO Z+                    | 0.3              |                  | 0.3             |                 | 1               |                 |
| INERZIA IMPALCATO Z-                    |                  | 0.3              |                 | 0.3             |                 | 1               |
| RESISTENZE PARASSITE PERM               | 1                | 1                | 1               | 1               | 1               | 1               |
| RESISTENZE PARASSITE MOBILI             |                  |                  |                 |                 |                 |                 |

|   | SLE rara_1 | SLE rara_2 | SLE rara_3 | SLE rara_4 | SLE rara_5 | SLE rara_6 | SLE rara_7 | SLE rara_8 |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| PP                                      | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| SPINTA TERRENO                          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| SPINTA PAVIMENTAZIONE                   | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| SPINTA SOVRACCARICO                     | 1          | 1          | 1          | 1          | 0.75       | 0.75       | 0.75       | 0.75       |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO X (1-kv)    |            |            |            |            |            |            |            |            |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO Y_SX (1-kv) |            |            |            |            |            |            |            |            |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE X (1-kv)  |            |            |            |            |            |            |            |            |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE Y (1-kv)  |            |            |            |            |            |            |            |            |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO X (1+kv)    |            |            |            |            |            |            |            |            |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO Y_SX (1+kv) |            |            |            |            |            |            |            |            |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE X (1+kv)  |            |            |            |            |            |            |            |            |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE Y (1+kv)  |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA SPALLA X                        |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA SPALLA Y                        |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA SPALLA Z+                       |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA SPALLA Z-                       |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA TERRAX                          |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA TERRAY                          |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA TERRAZ+                         |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA TERRAZ-                         |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA PAVIMENTAZIONE X                |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA PAVIMENTAZIONE Y                |            |            |            |            |            |            |            |            |
| PP TERRENO                              | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| PP PAVIMENTAZIONE                       | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| PP SOVRACCARICO                         | 1          | 1          | 1          | 1          | 0.75       | 0.75       | 0.75       | 0.75       |
| SPINTA ATTIVA TERRENO                   |            |            |            |            |            |            |            |            |
| PERMANENTI IMPALCATO                    | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| PERMANENTI NON STRUT IMPALCATO          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| CARICHI MOBILI KK Nmax                  | 1          |            |            |            |            |            |            |            |
| CARICHI MOBILI KK Nmin                  |            | 1          |            |            |            |            |            |            |
| CARICHI MOBILI KK M1max                 |            |            | 1          |            |            |            |            |            |
| CARICHI MOBILI KK M1min                 |            |            |            | 1          |            |            |            |            |
| CARICHI MOBILI FQ Nmax                  |            |            |            |            | 1          | 1          |            |            |
| CARICHI MOBILI FQ Nmin                  |            |            |            |            |            |            |            |            |
| CARICHI MOBILI FQ M1max                 |            |            |            |            |            |            | 1          | 1          |
| CARICHI MOBILI FQ M1min                 |            |            |            |            |            |            |            |            |
| FRENATURA +                             |            |            |            |            | 1          |            |            |            |
| FRENATURA -                             |            |            |            |            |            | 1          |            |            |
| AZIONE CENTRIFUGA                       |            |            |            |            |            |            | 1          |            |
| VENTO PONTE CARICO                      | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 0.6        | 1          |
| INERZIA IMPALCATO X                     |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA IMPALCATO Y                     |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA IMPALCATO Z+                    |            |            |            |            |            |            |            |            |
| INERZIA IMPALCATO Z-                    |            |            |            |            |            |            |            |            |
| RESISTENZE PARASSITE PERM               | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| RESISTENZE PARASSITE MOBILI             | 1          | 1          | 1          | 1          | 0.75       | 0.75       | 0.75       | 0.75       |



|   | SLE frequente_1 | SLE frequente_2 | SLE frequente_3 | SLE frequente_4 | SLE quasi permanente |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| PP                                      | 1               | 1               | 1               | 1               | 1                    |
| SPINTA TERRENO                          | 1               | 1               | 1               | 1               | 1                    |
| SPINTA PAVIMENTAZIONE                   | 1               | 1               | 1               | 1               | 1                    |
| SPINTA SOVRACCARICO                     | 0.75            | 0.75            | 0.75            | 0.75            |                      |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO X (1-kv)    |                 |                 |                 |                 |                      |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO Y_SX (1-kv) |                 |                 |                 |                 |                      |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE X (1-kv)  |                 |                 |                 |                 |                      |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE Y (1-kv)  |                 |                 |                 |                 |                      |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO X (1+kv)    |                 |                 |                 |                 |                      |
| SOVRASPINTA SISMICA TERRENO Y_SX (1+kv) |                 |                 |                 |                 |                      |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE X (1+kv)  |                 |                 |                 |                 |                      |
| SPINTA SISMICA PAVIMENTAZIONE Y (1+kv)  |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA SPALLA X                        |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA SPALLA Y                        |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA SPALLA Z+                       |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA SPALLA Z-                       |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA TERRA X                         |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA TERRA Y                         |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA TERRA Z+                        |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA TERRA Z-                        |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA PAVIMENTAZIONE X                |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA PAVIMENTAZIONE Y                |                 |                 |                 |                 |                      |
| PP TERRENO                              | 1               | 1               | 1               | 1               | 1                    |
| PP PAVIMENTAZIONE                       | 1               | 1               | 1               | 1               | 1                    |
| PP SOVRACCARICO                         | 0.75            | 0.75            | 0.75            | 0.75            |                      |
| SPINTA ATTIVA TERRENO                   |                 |                 |                 |                 |                      |
| PERMANENTI IMPALCATO                    | 1               | 1               | 1               | 1               | 1                    |
| PERMANENTI NON STRUT IMPALCATO          | 1               | 1               | 1               | 1               | 1                    |
| CARICHI MOBILI KK Nmax                  |                 |                 |                 |                 |                      |
| CARICHI MOBILI KK Nmin                  |                 |                 |                 |                 |                      |
| CARICHI MOBILI KK M1max                 |                 |                 |                 |                 |                      |
| CARICHI MOBILI KK M1min                 |                 |                 |                 |                 |                      |
| CARICHI MOBILI FQ Nmax                  | 1               |                 |                 |                 |                      |
| CARICHI MOBILI FQ Nmin                  |                 | 1               |                 |                 |                      |
| CARICHI MOBILI FQ M1max                 |                 |                 | 1               |                 |                      |
| CARICHI MOBILI FQ M1min                 |                 |                 |                 | 1               |                      |
| FRENATURA +                             |                 |                 |                 |                 |                      |
| FRENATURA -                             |                 |                 |                 |                 |                      |
| AZIONE CENTRIFUGA                       |                 |                 |                 |                 |                      |
| VENTO PONTE CARICO                      |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA IMPALCATO X                     |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA IMPALCATO Y                     |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA IMPALCATO Z+                    |                 |                 |                 |                 |                      |
| INERZIA IMPALCATO Z-                    |                 |                 |                 |                 |                      |
| RESISTENZE PARASSITE PERM               | 1               | 1               | 1               | 1               | 1                    |
| RESISTENZE PARASSITE MOBILI             | 0.75            | 0.75            | 0.75            | 0.75            |                      |

## 9 VERIFICHE DELLA SPALLA A

Si riportano di seguito le verifiche dei singoli elementi strutturali della spalla A. Al fine di garantire una corretta interpretazione dei risultati delle analisi condotte si illustrano di seguito le convenzioni relative ai segni delle caratteristiche della sollecitazione interna caratterizzanti gli elementi "plate".

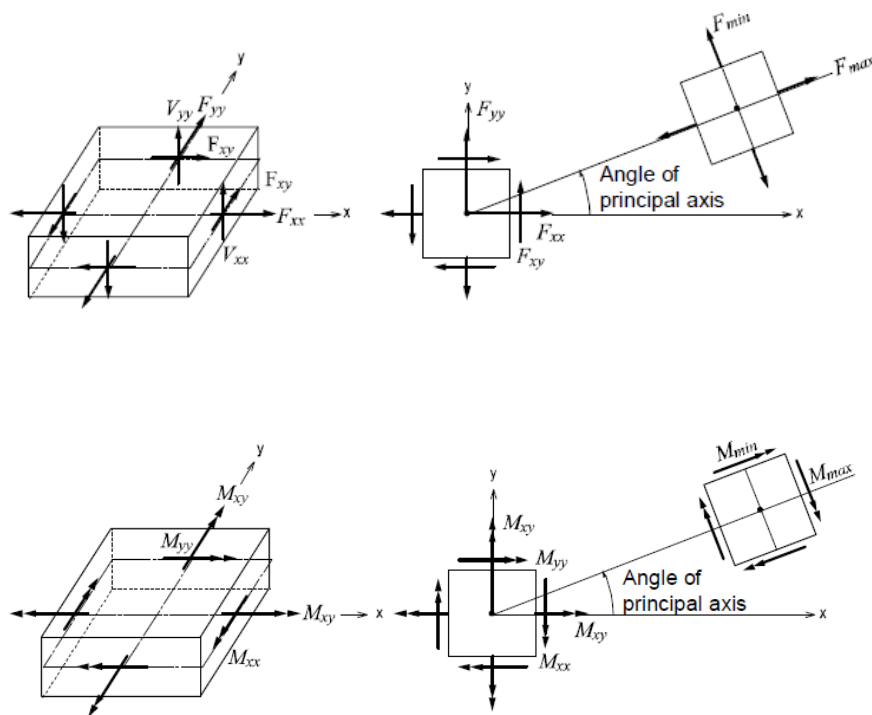
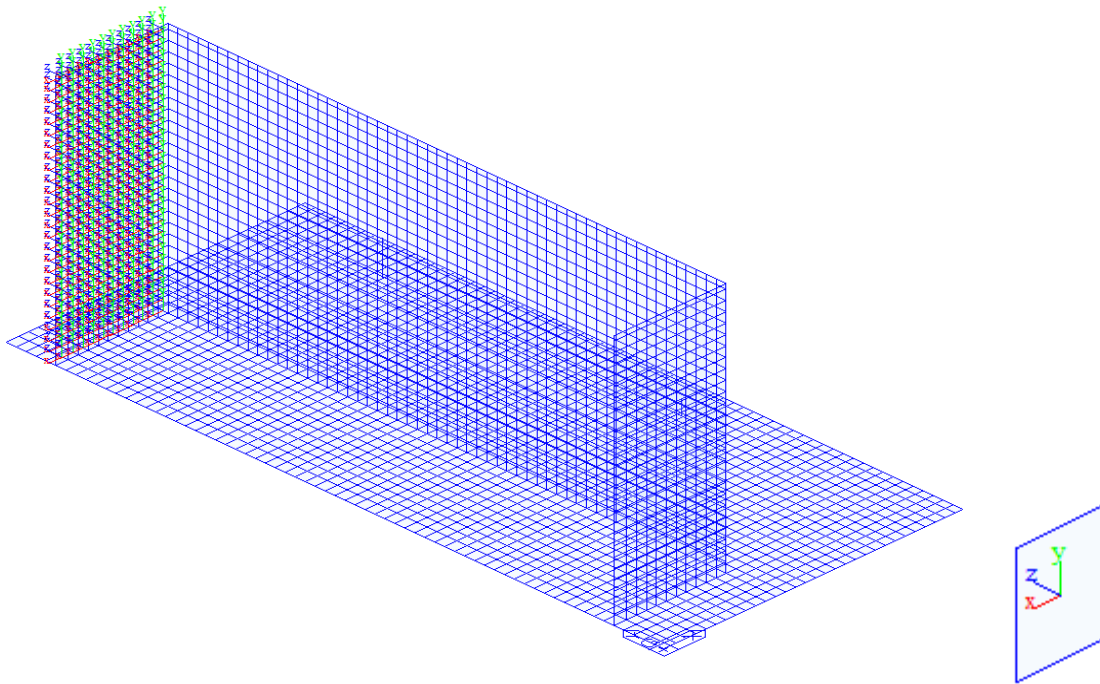
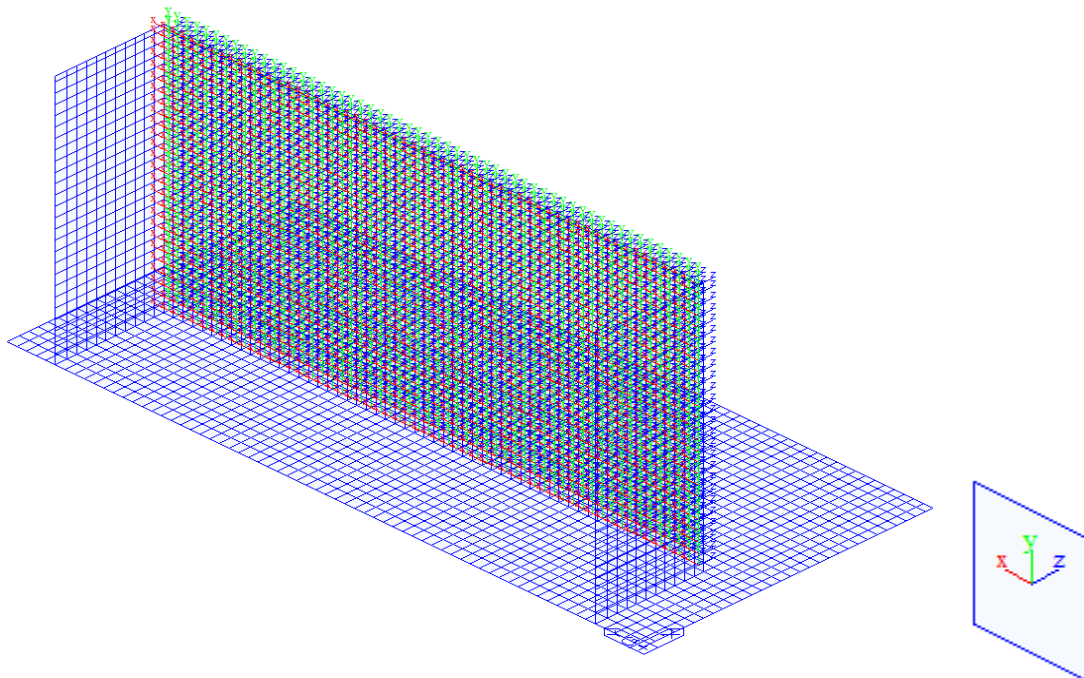


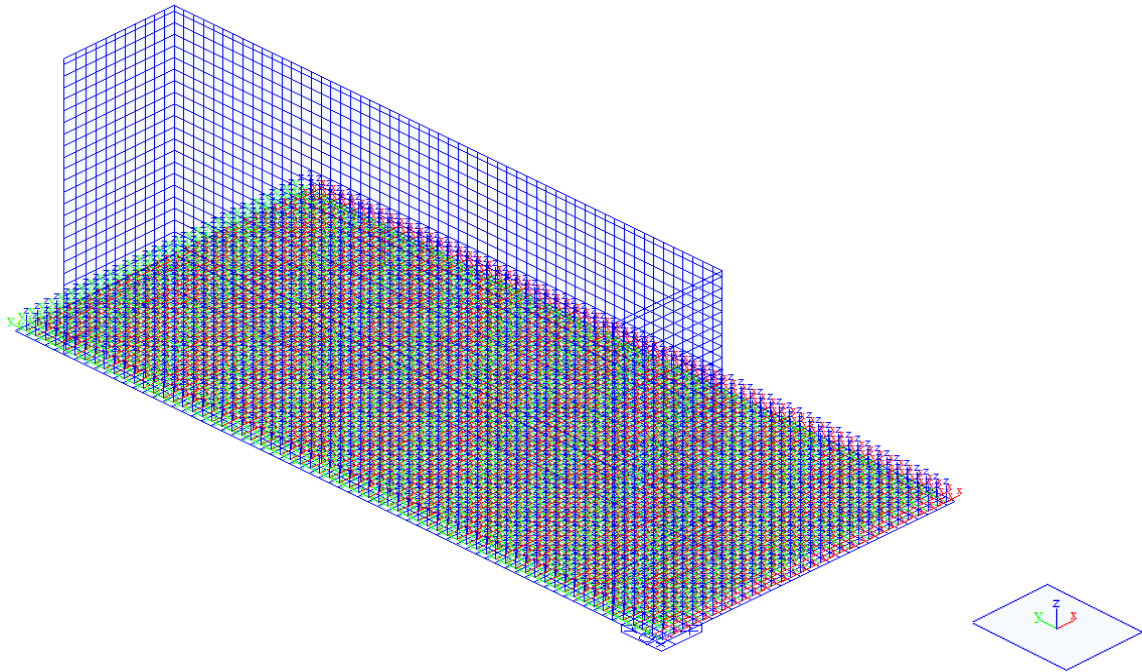
Figura 108 – Posizioni di output delle forze dell'elemento piastra per unità di lunghezza e convenzione del segno



**Figura 109 – Assi locali per i muri andatori – Spalla A**



**Figura 110 – Assi locali per il muro frontale– Spalla A**



**Figura 111 – Assi locali per gli elementi della platea di Fondazione – Spalla A**

## 9.1 MURI

Le verifiche dei muri sono state condotte con riferimento ad elementi omogenei (per spessore ed armatura) soggetti a sforzo normale, momento flettente e taglio. A tal proposito sono state definite delle section-cut, ossia delle linee di integrazione delle caratteristiche della sollecitazione interna che rappresentano le tracce del piano medio degli elementi nel piano in cui si effettuano le verifiche.

Il singolo elemento è stato verificato a pressoflessione retta, secondo quanto riportato al punto 4.1.2.3.2.4 del DM 2018 e a taglio, secondo quanto riportato al punto 4.1.2.3.5 della medesima normativa. Tale procedimento consente di valutare la capacità resistente locale dell'elemento, trascurando, a vantaggio di sicurezza, la capacità di ridistribuire le sollecitazioni.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio, in assenza di armatura trasversale, si valuta come:

$$V_{Rd} = \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

dove:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}$$

$d$  è l'altezza utile della sezione

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ( $\leq 0.02$ )

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \cdot f_{cd}$ )

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm)

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio, in presenza di armatura trasversale, si valuta come:

$$V_{Rd} = \min \{V_{Rsd}; V_{Rcd}\}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{t} \cdot f_{yd} \cdot (\cot g\alpha + \cot g\theta) \cdot \text{sen}\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{A_{sw}}{t} \cdot (\cot g\alpha + \cot g\theta) / (1 + \cot g^2\theta)$$

dove:

$\theta$  è l'angolo di inclinazione del puntone compresso  $1 \leq \cot g\theta \leq 2.5$

$A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale

$s$  è l'interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale

$f'_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta  $f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$

$\alpha_c = 1$  per membrature non compresse

$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$  per  $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 f_{cd}$

1.25 per  $0.25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 f_{cd}$

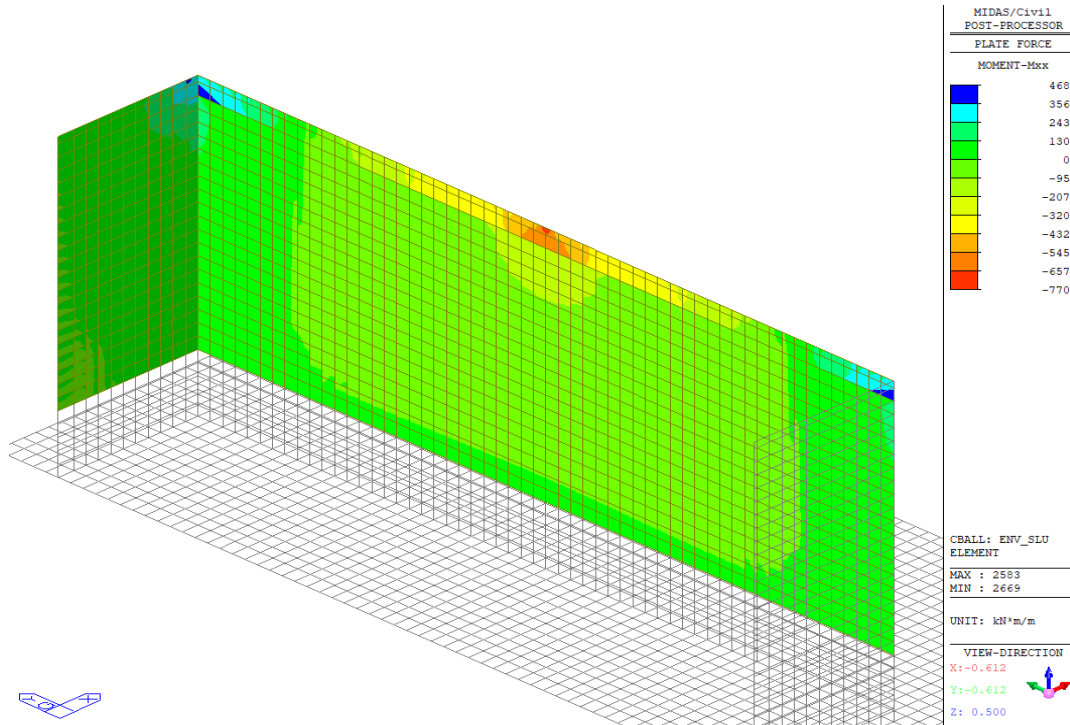
$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$  per  $0.5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

A favore di sicurezza non si è considerato il contributo benefico della compressione, ed il coefficiente  $\alpha_c$  è stato assunto sempre pari a 1.

Per gli elementi in questione è stato considerato un comportamento non dissipativo.

Nel modello sono state considerate delle section-cut, sia in direzione verticale che in direzione orizzontale, al fine di determinare le sollecitazioni indotte dalle combinazioni di carico descritte nel paragrafo 6 della presente relazione. La posizione di tutte le section-cut è stata definita tenendo conto degli spessori reali dei muri e della platea di fondazione. Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale delle sezioni in oggetto vengono effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC.

Si riportano, nelle figure seguenti, i diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione interna relativi agli involuppi delle combinazioni di carico considerate.



**Figura 112 – Involuppo SLU - Mxx**



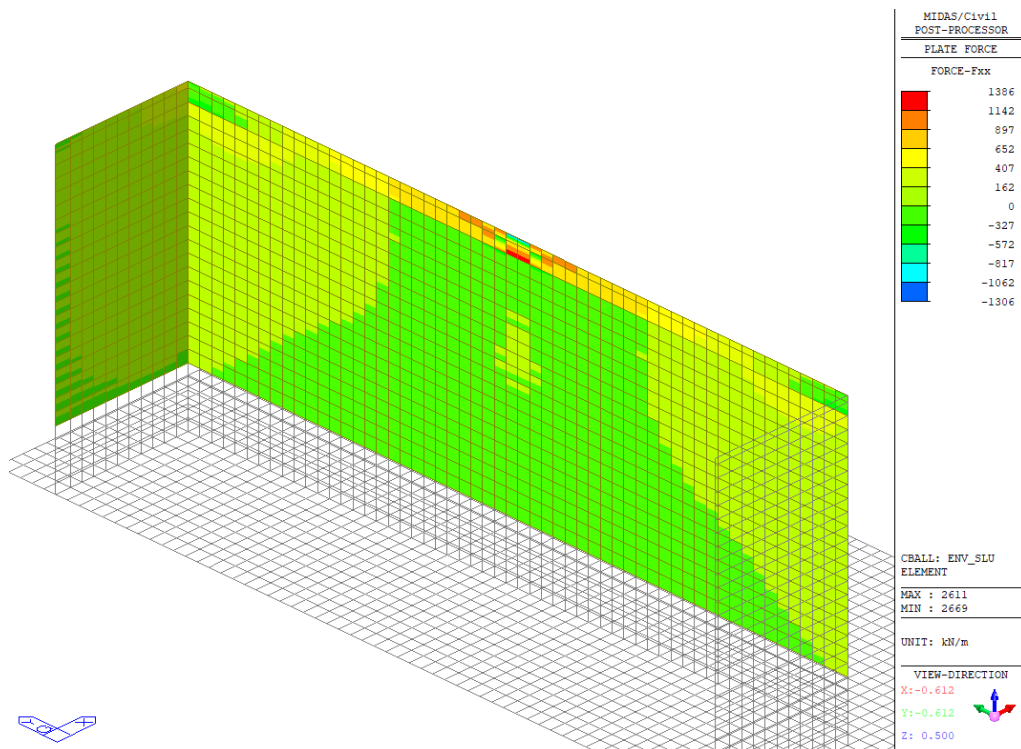


Figura 113 – Involuppo SLU - Fxx

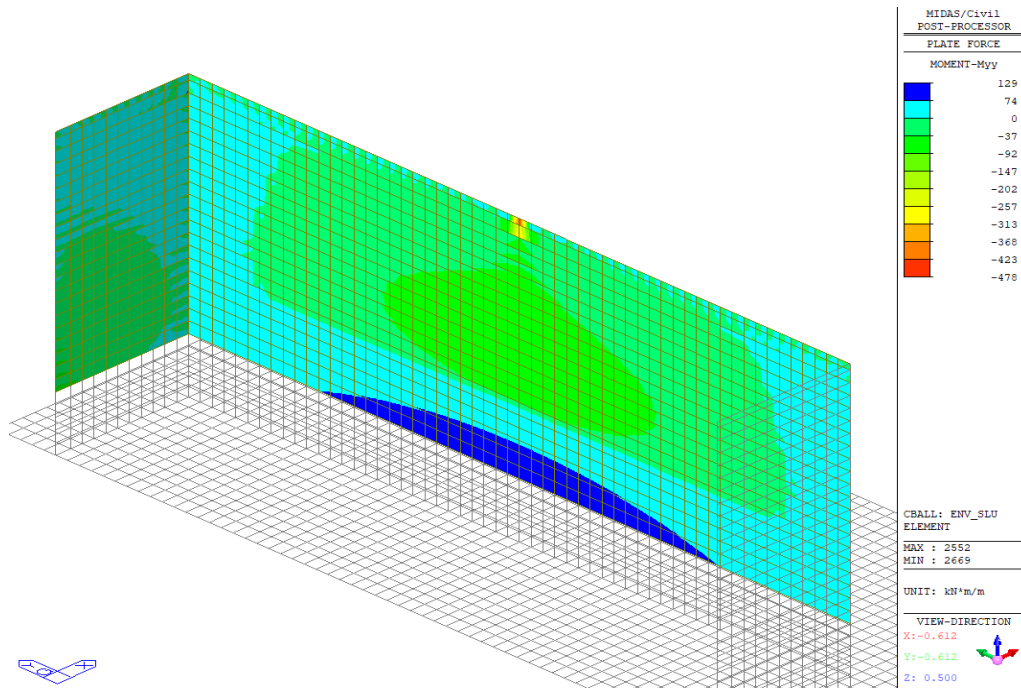


Figura 114 – Involuppo SLU - Myy



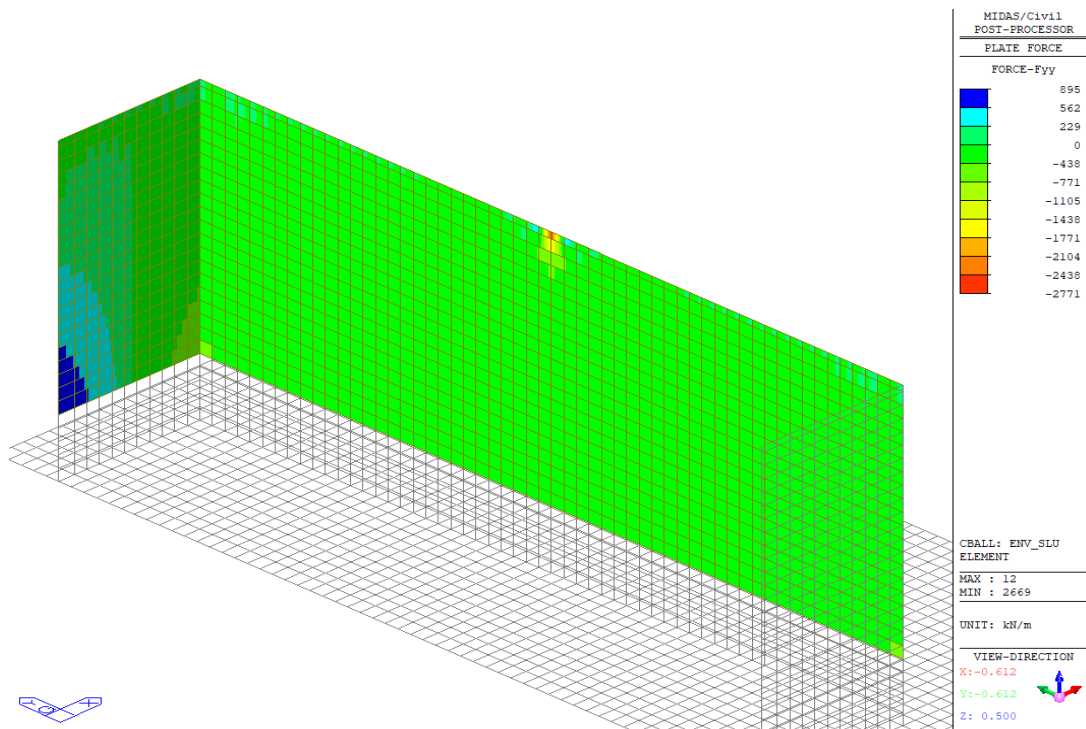


Figura 115 – Involuppo SLU - Fyy

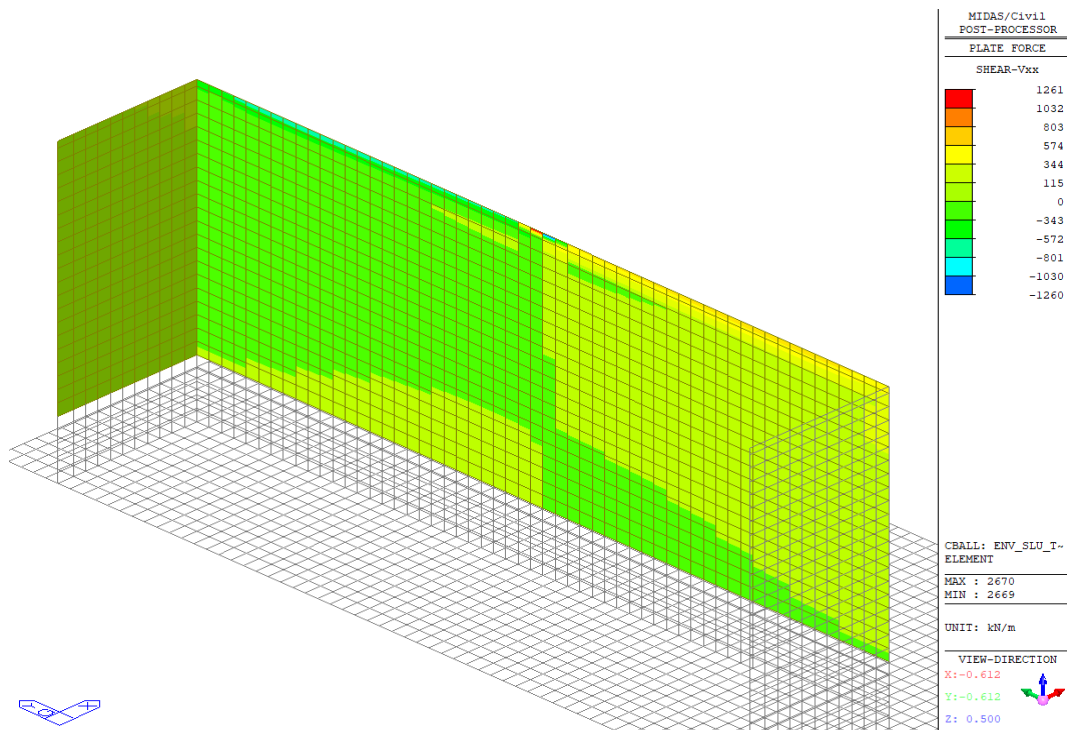


Figura 116 – Involuppo SLU - Vxx

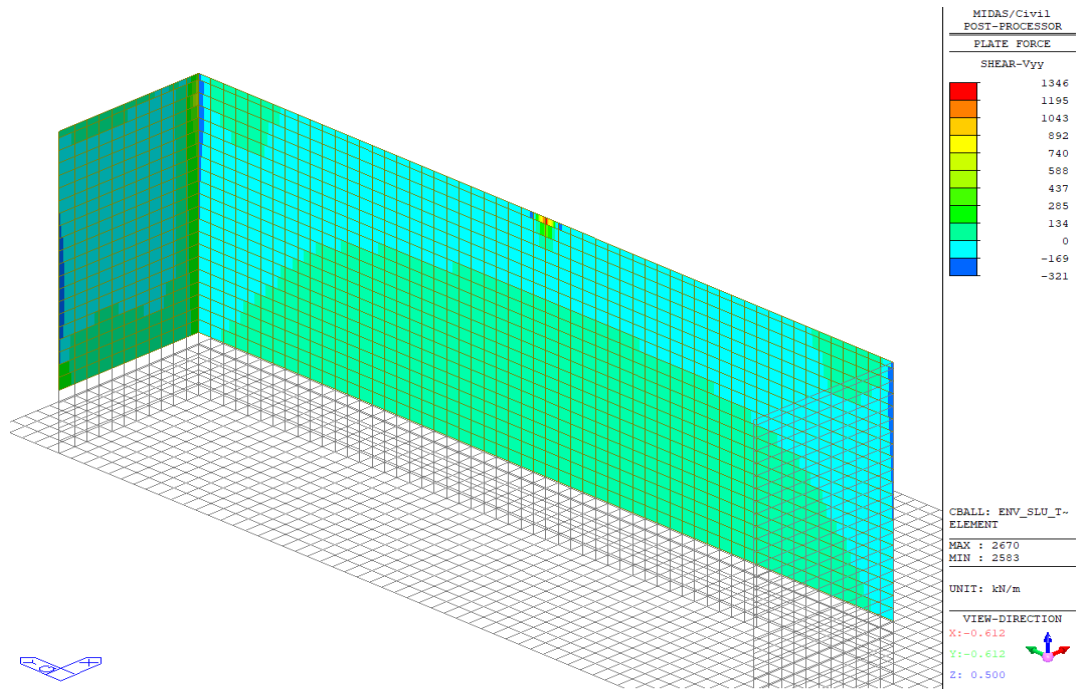


Figura 117 – Involuppo SLU - Vyy

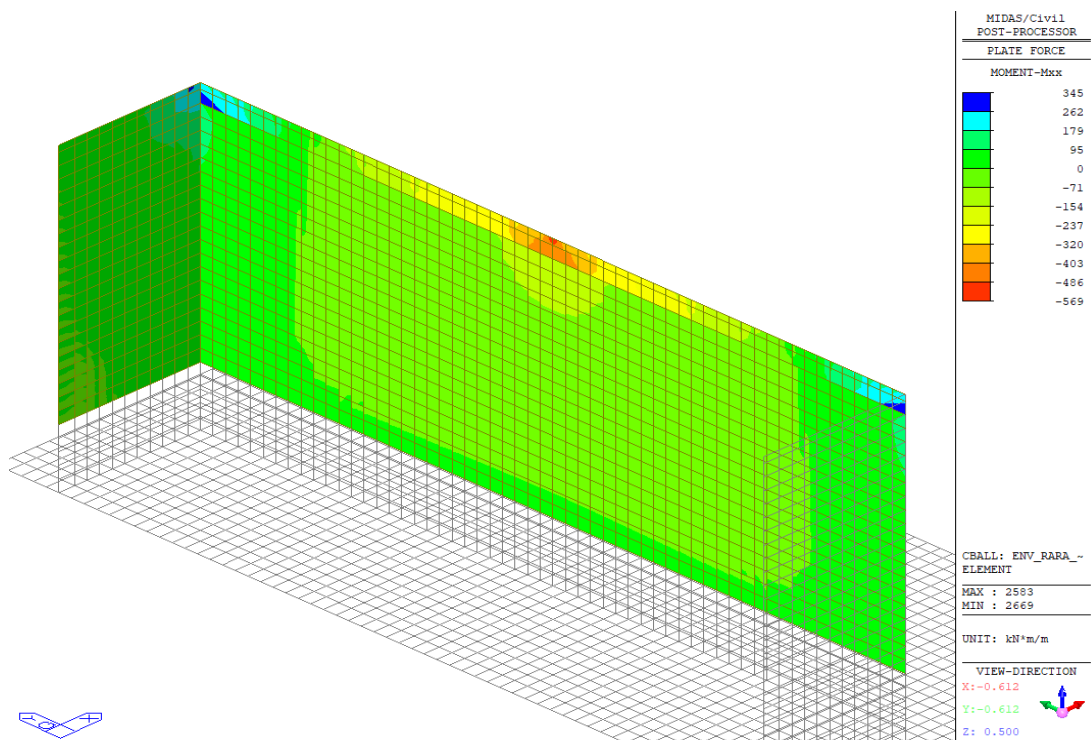


Figura 118 – Involuppo SLE Rara - Mxx

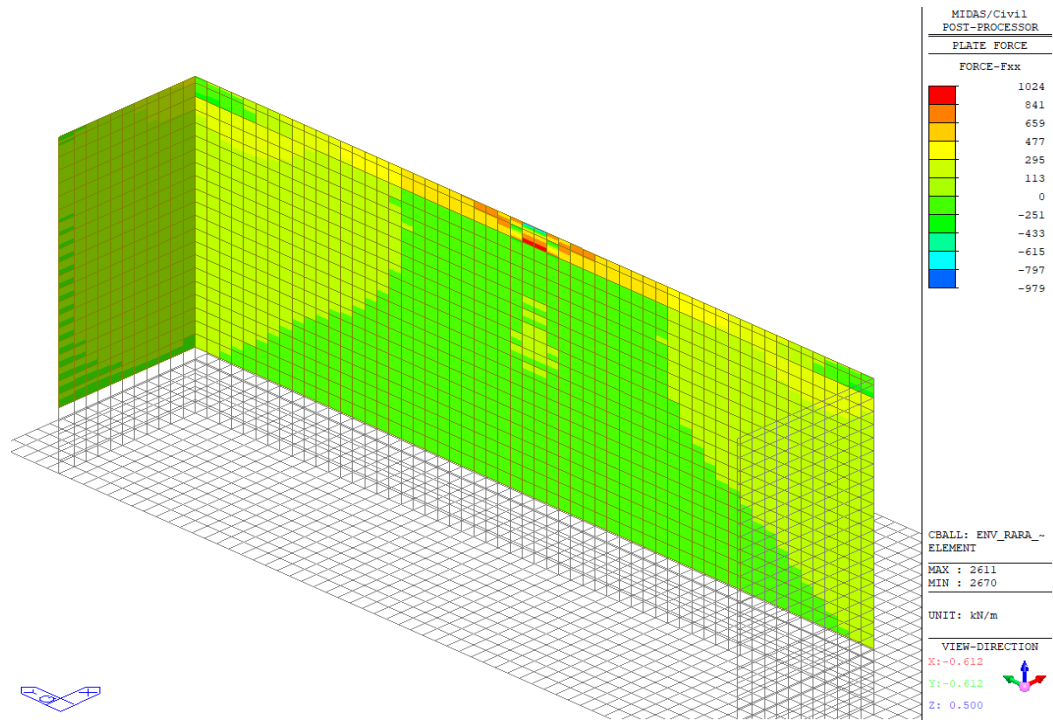


Figura 119 – Involuppo SLE Rara - Fxx

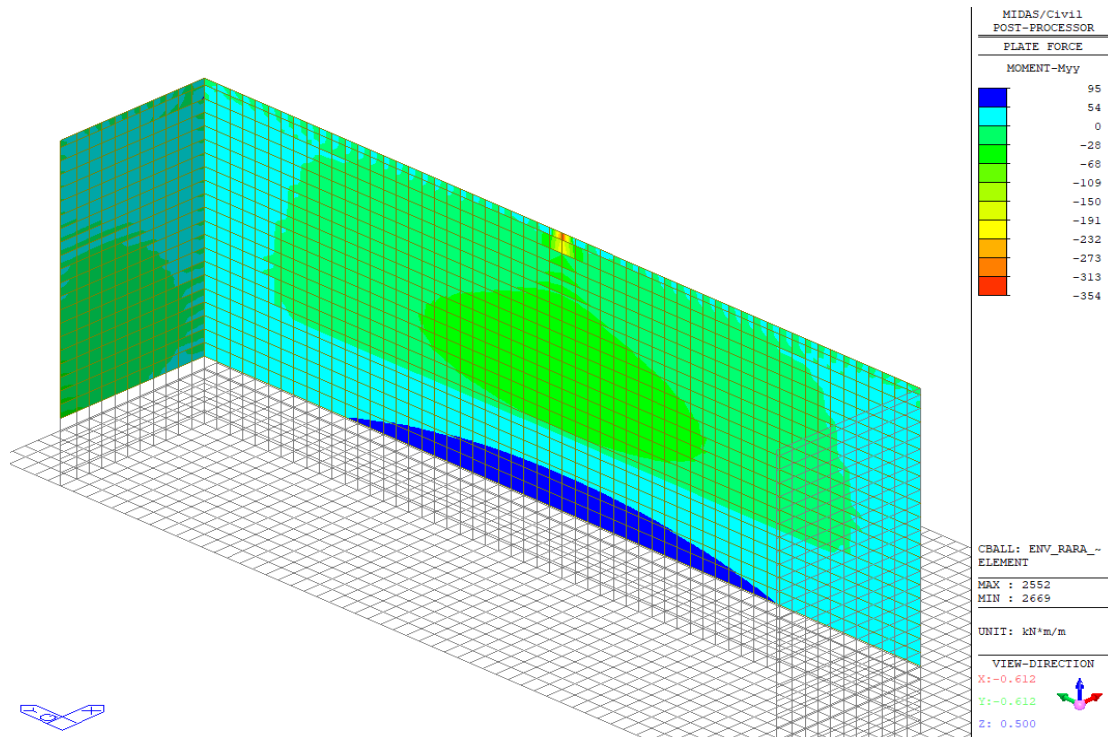


Figura 120 – Involuppo SLE Rara - Myy

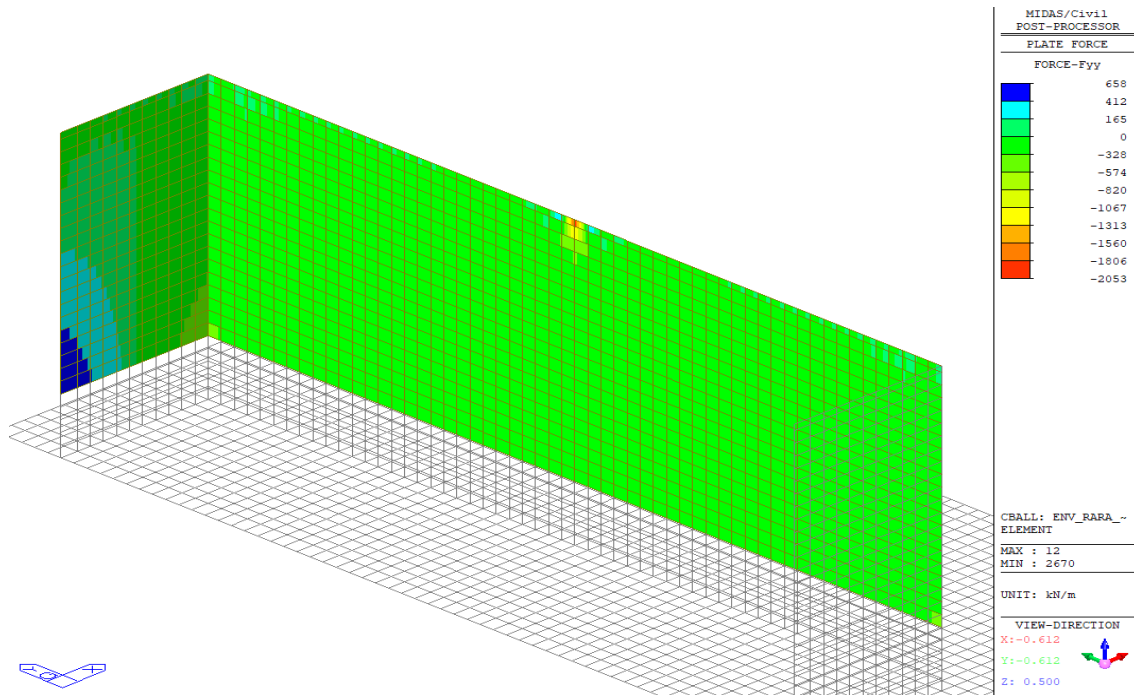


Figura 121 – Involuppo SLE Rara - Fyy

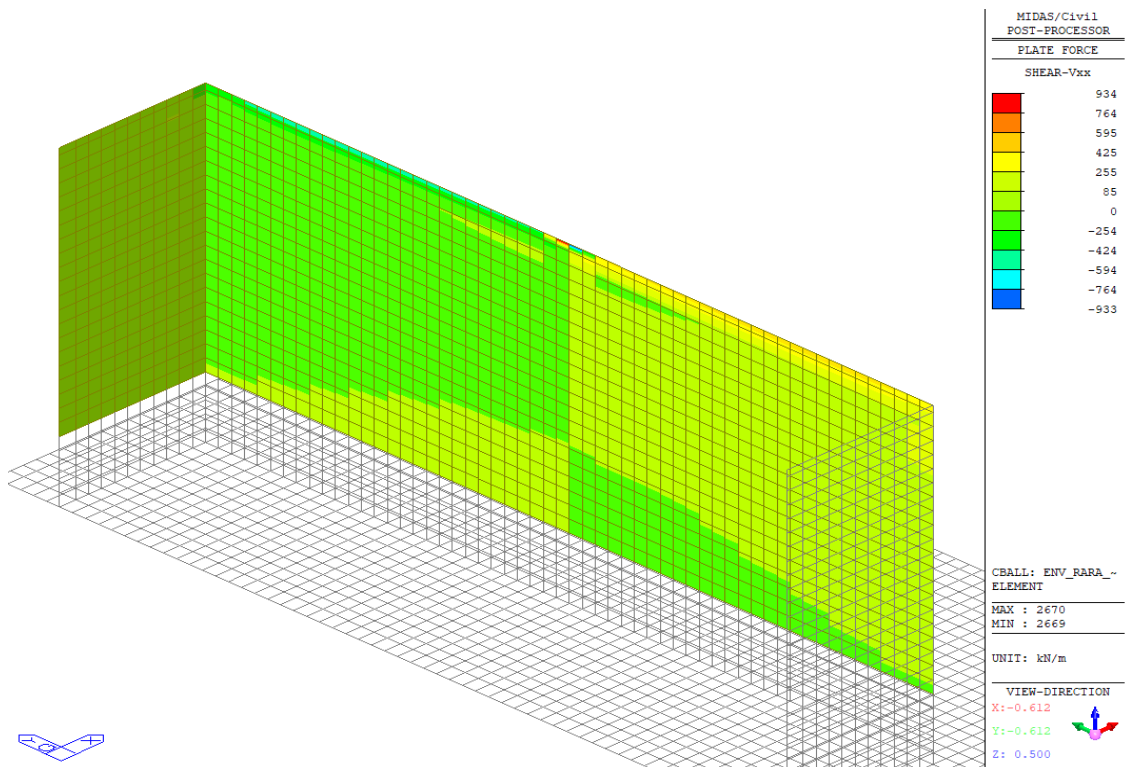


Figura 122 – Involuppo SLE Rara - Vxx



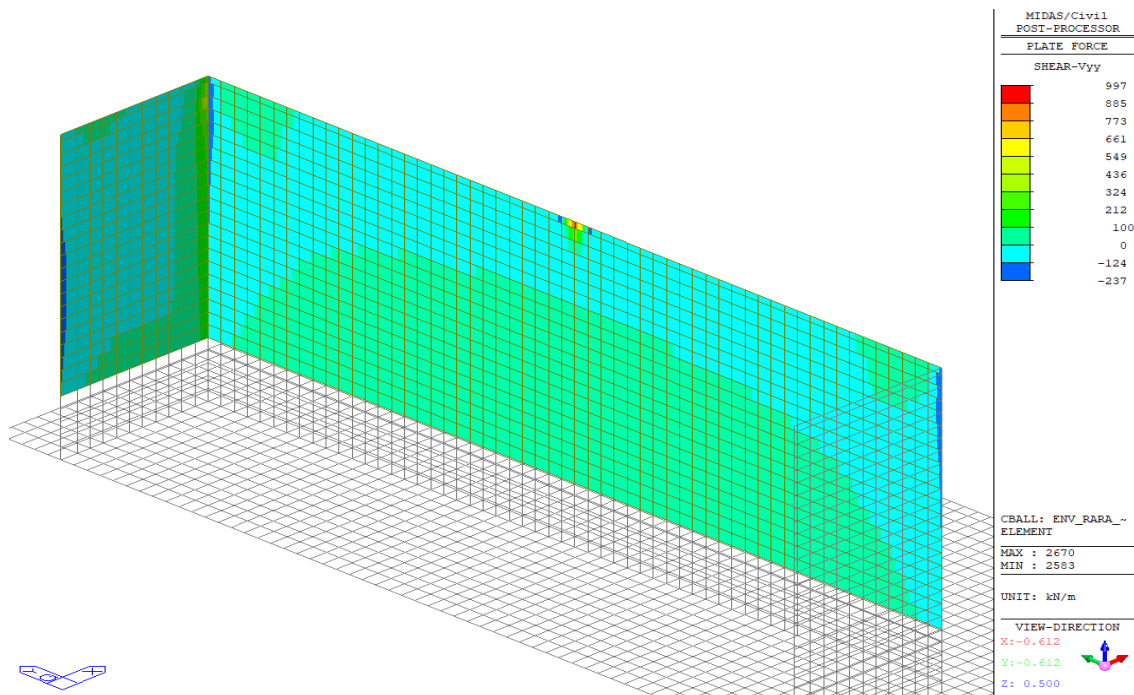


Figura 123 – Involuppo SLE Rara - Vyy

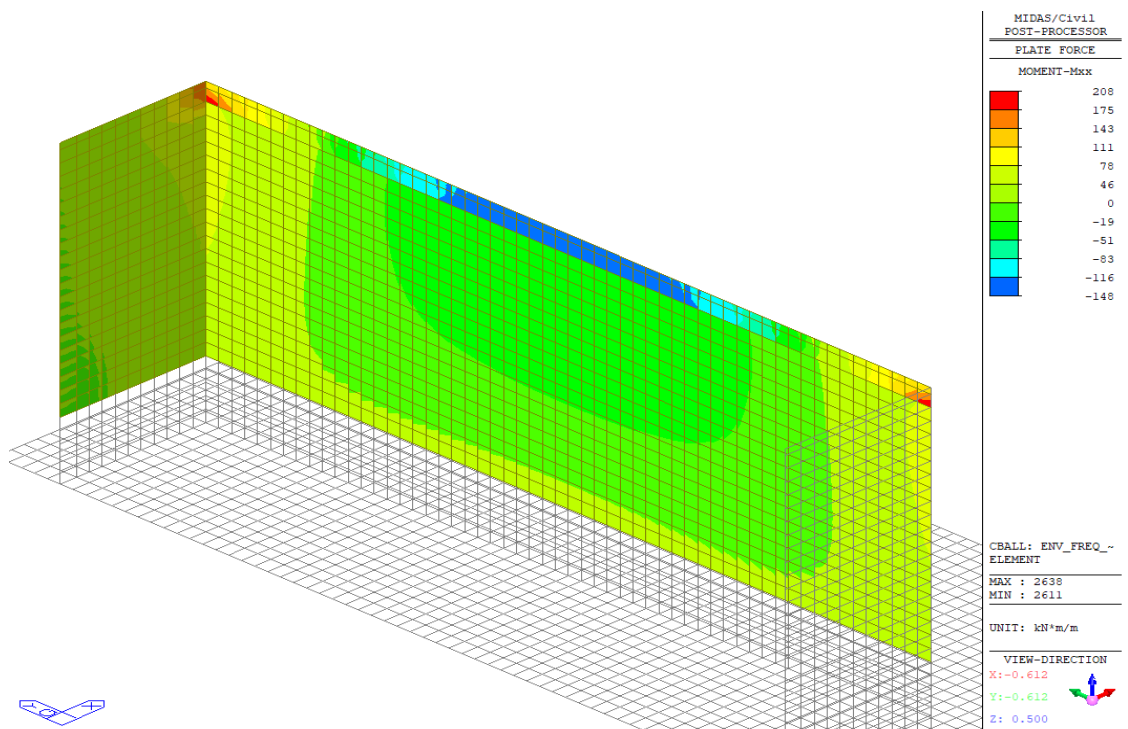


Figura 124 – Involuppo SLE Frequente - Mxx

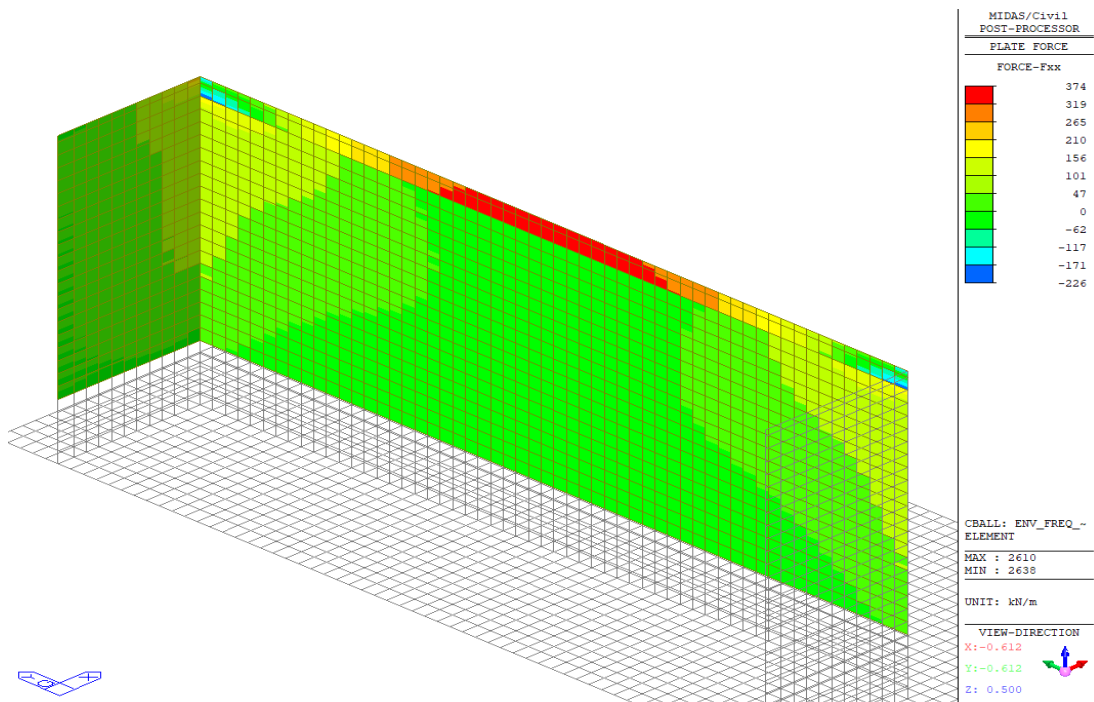


Figura 125 – Involuppo SLE Frequente - Fxx

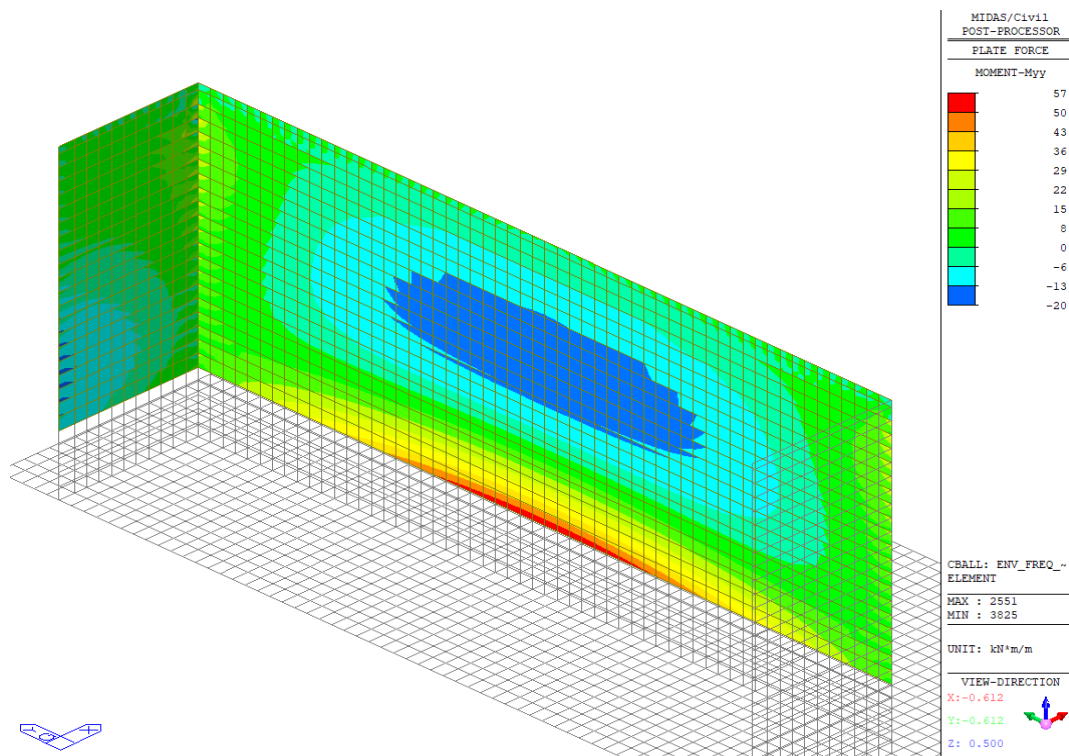


Figura 126 – Involuppo SLE Frequente - Myy

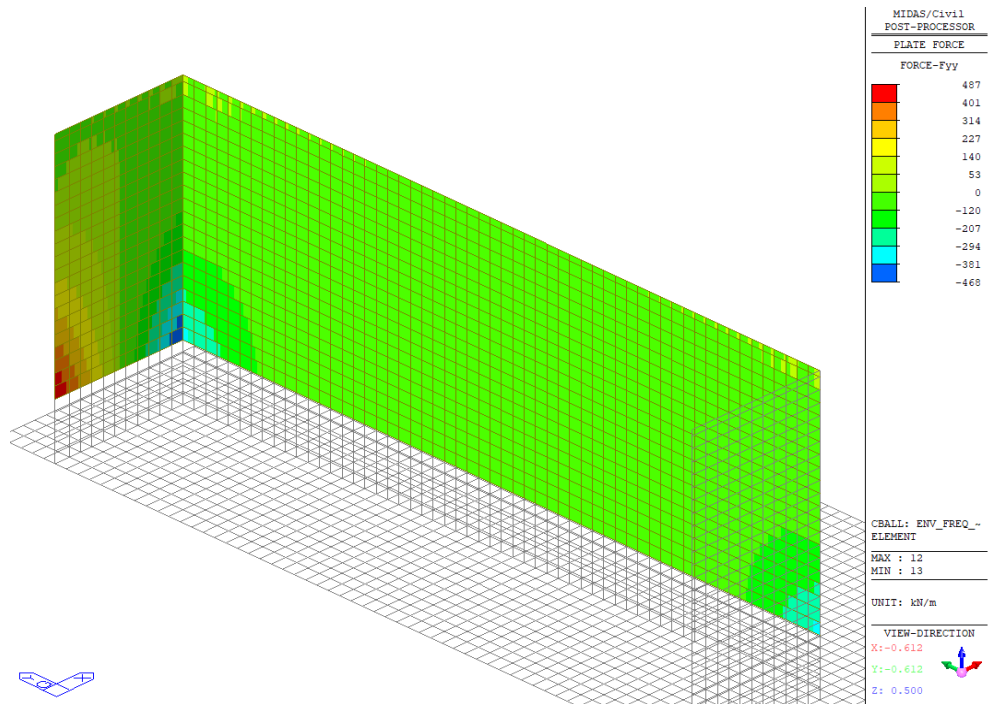


Figura 127 – Involuppo SLE Frequente - Fyy

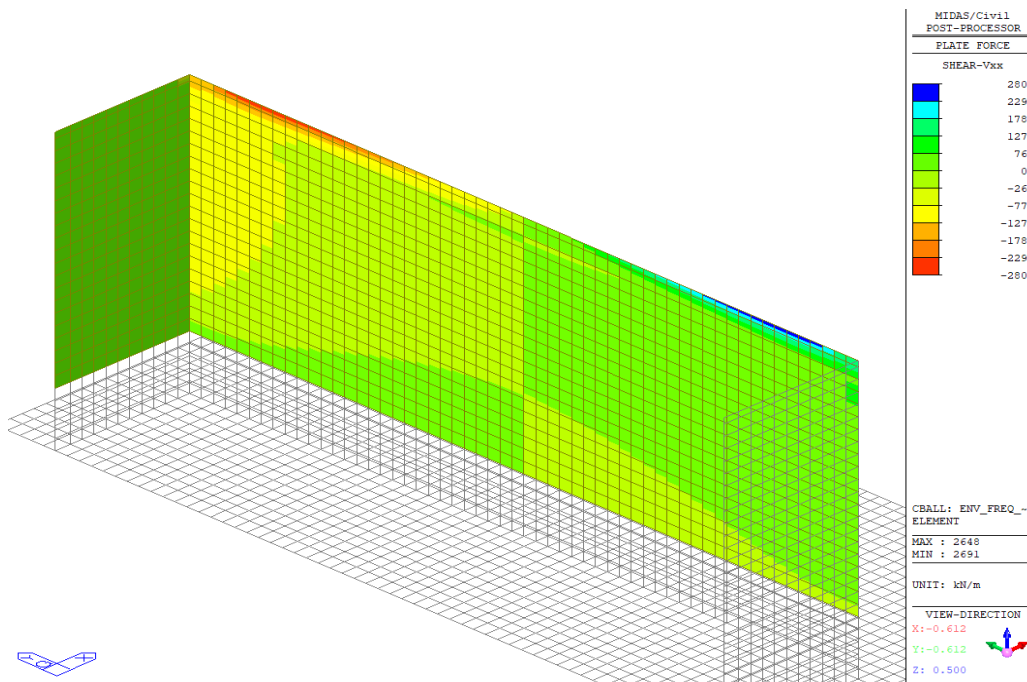


Figura 128 – Involuppo SLE Frequente - Vxx

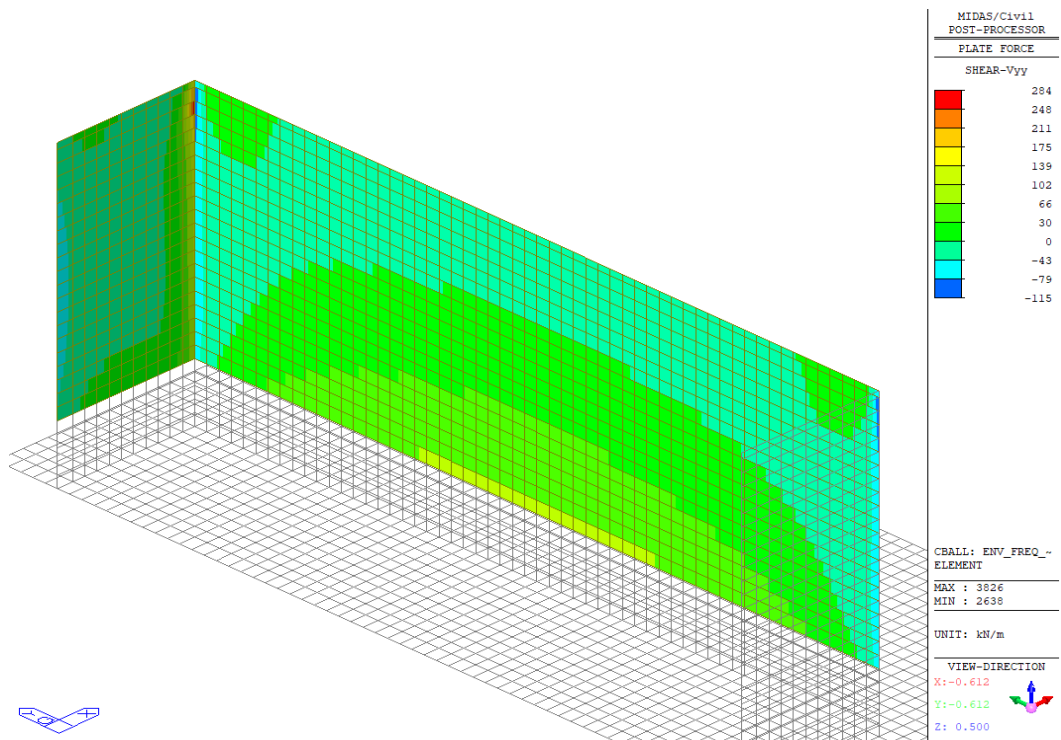


Figura 129 – Involuppo SLE Frequente - Vyy

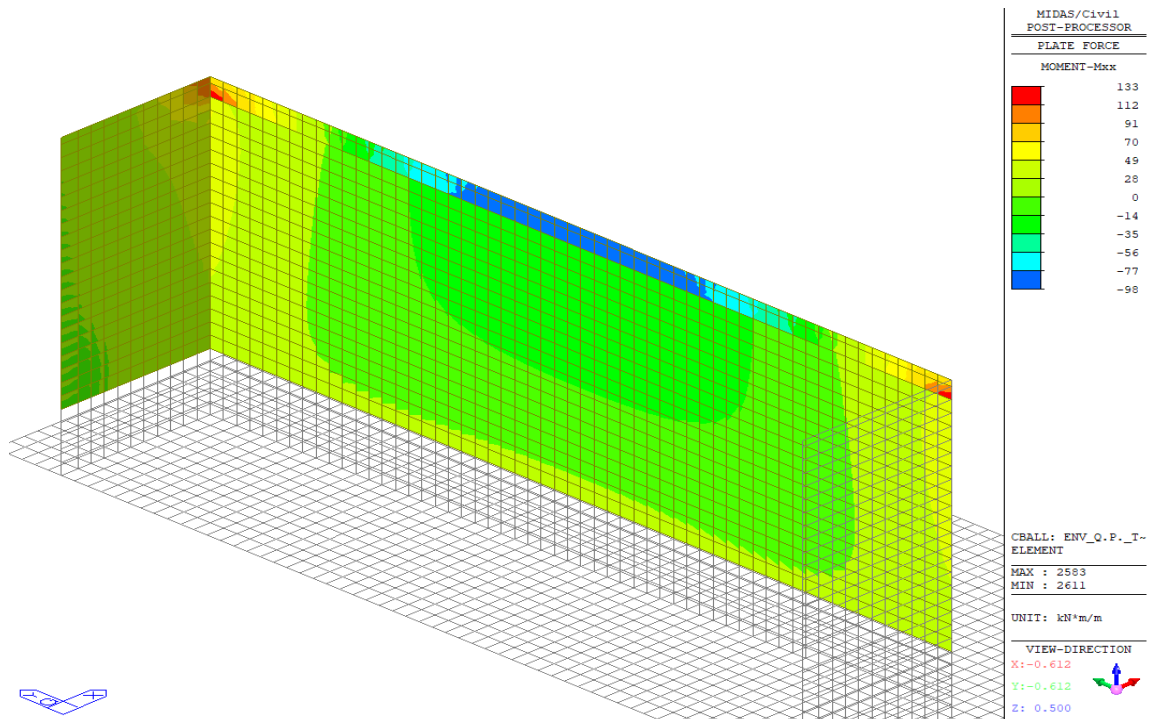


Figura 130 – Involuppo SLE Quasi Permanente - Mxx



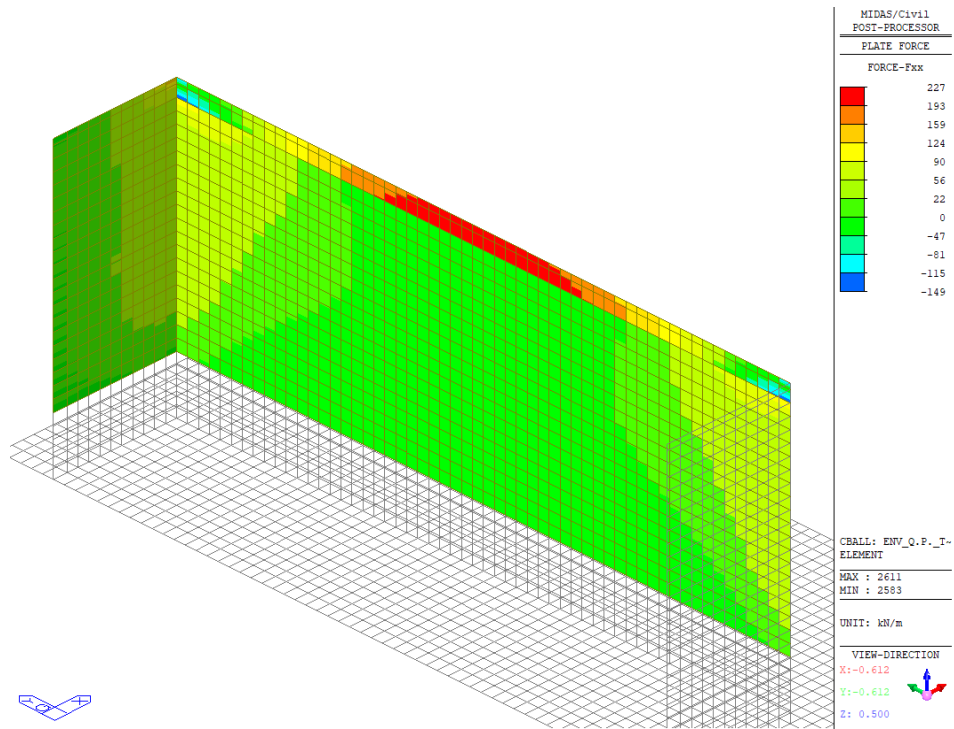


Figura 131 – Inviluppo SLE Quasi Permanente - Fxx

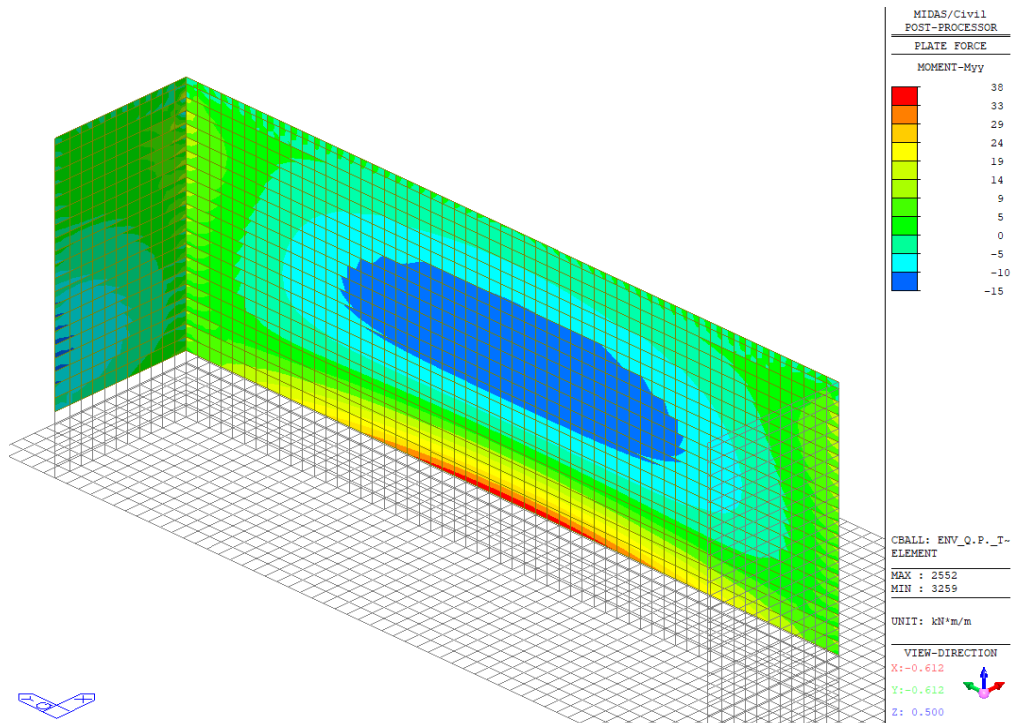


Figura 132 – Inviluppo SLE Quasi Permanente - Myy

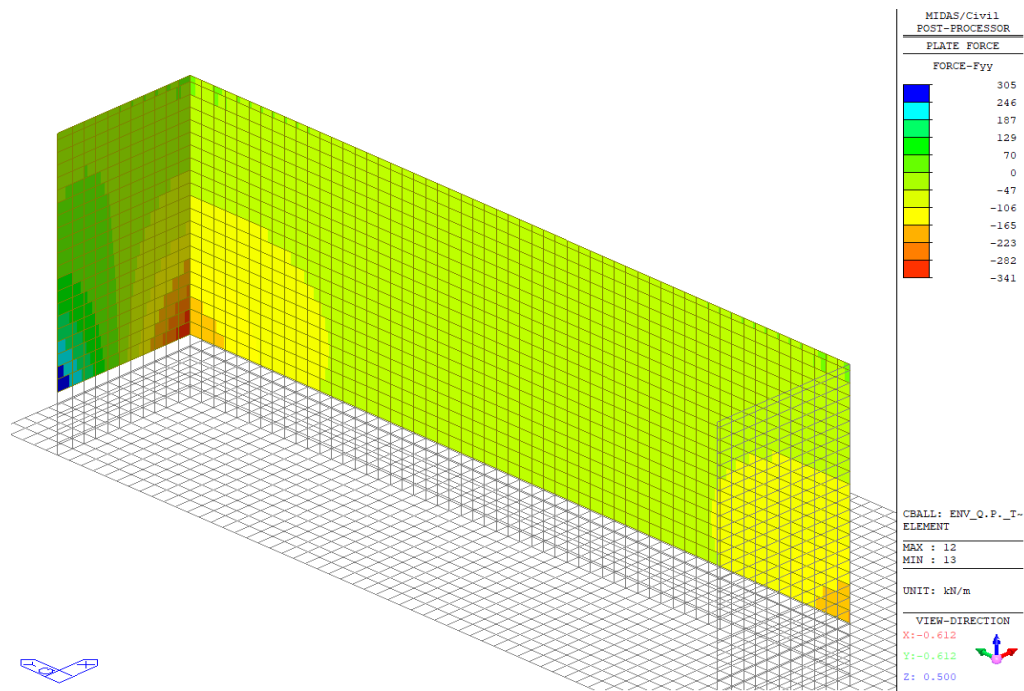


Figura 133 – Involuppo SLE Quasi Permanente - Fyy

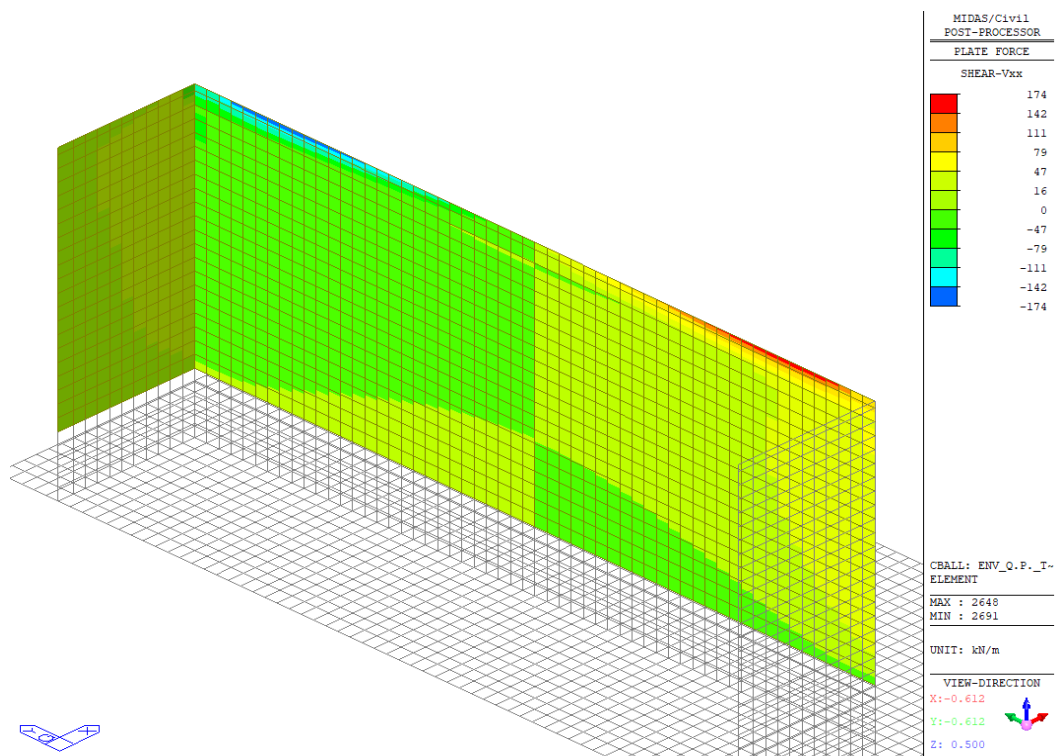


Figura 134 – Involuppo SLE Quasi Permanente - Vxx

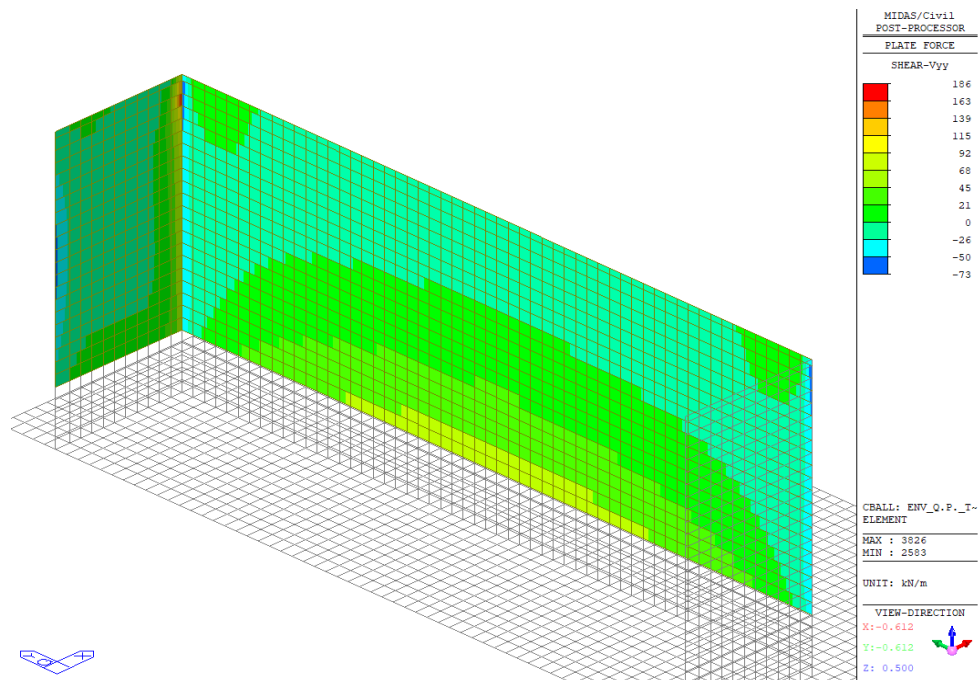
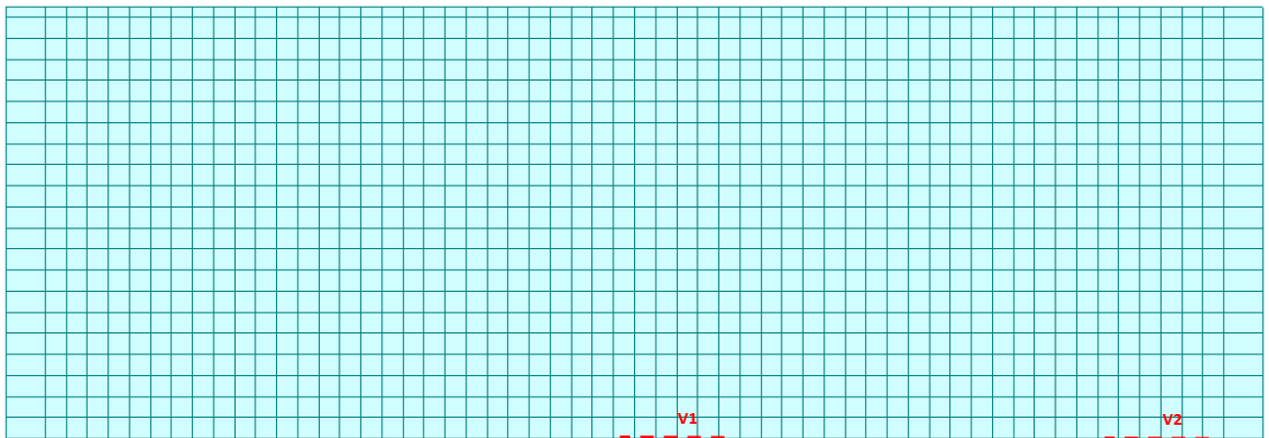


Figura 135 – Involuppo SLE Quasi Permanente – Vyy

## 9.1.1 Muro frontale

### 9.1.1.1 Verifica a pressoflessione – armatura verticale

In figura sono indicate le section-cut considerate per il dimensionamento e la verifica dell'armatura verticale, costituita da barre  $\varnothing 20/20''$  sia internamente che esternamente.



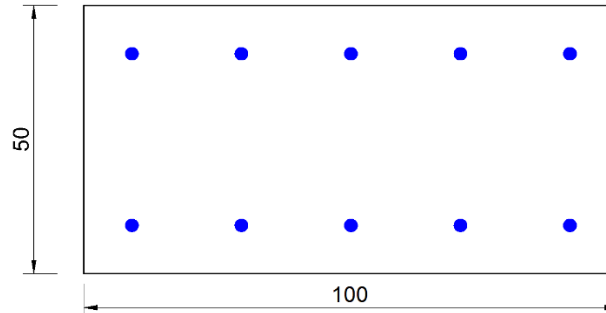
**Figura 136 – Section-cut orizzontali muro frontale**

Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche per tutte le sezioni analizzate e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

| Elemento      | Dir. | SLU/SLV | Rara             |                  | Freq   | Qp               |        | Arm. esterna | Arm. interna |
|---------------|------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|--------------|--------------|
|               |      | CS      | $\sigma_s$ (Mpa) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) |              |              |
| Muro frontale | V1   | 5.65    | -149.50          | 0.00             | 0.265  | 0.00             | 0.151  | 20/200       | 20/200       |
| Muro frontale | V2   | 2.92    | -93.30           | 3.09             | 0.135  | 1.28             | 0.077  | 20/200       | 20/200       |

Si esplicitano le verifiche delle sezioni risultate più critiche (dimensioni 1.00 x 0.50 m).

Sezione V1



**Figura 137 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: SPA\_andatore\_V1**

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inertia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                              |  |                     |                     |
|------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -               | Classe:  | C32/40              |                     |
|                              | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.1                | MPa                 |
|                              | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020              |                     |
|                              | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035              |                     |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo |                     |
|                              | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33643.0             | MPa                 |
|                              | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.03                | MPa                 |
|                              | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |                     |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 19.2                | MPa                 |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 19.2                | MPa                 |
|                              | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300               | mm                  |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 14.4                | MPa                 |
|                              | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200               | mm                  |
| ACCIAIO -                    | Tipo:  | B450C               |                     |
|                              | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0               | MPa                 |
|                              | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0               | MPa                 |
|                              | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3               | MPa                 |
|                              | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3               | MPa                 |
|                              | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068               |                     |
|                              | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito    |                     |
|                              | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                |                     |
|                              | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                |                     |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00   | MPa                 |                     |

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |        |
| N°vertice:           | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | -50.0      | 0.0    |
| 2                    | -50.0      | 75.0   |
| 3                    | 50.0       | 75.0   |
| 4                    | 50.0       | 0.0    |

### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -41.0  | 9.0    | 20        |
| 2       | -41.0  | 66.0   | 20        |
| 3       | 41.0   | 66.0   | 20        |
| 4       | 41.0   | 9.0    | 20        |

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |  |  |  |
|--------------|---|--|--|--|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |  |  |  |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |  |  |  |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |  |  |  |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |  |  |  |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |  |  |  |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 2            | 3            | 3       | 20 |
| 2      | 1            | 4            | 4       | 20 |

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |  |  |  |  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |  |  |  |  |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |  |  |  |  |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |  |  |  |  |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x  |  |  |  |  |

| N°Comb. | N       | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|---------|--------|------|------|------|
| 1       | -437.40 | -16.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | -411.30 | -14.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | -204.70 | 37.10  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | -198.80 | 35.90  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | -172.40 | 5.70   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | -177.70 | 4.30   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | -401.60 | -11.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | -410.60 | -9.40  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | -408.70 | -10.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10      | -409.10 | -8.80  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |         |        |      |      |      |
|----|---------|--------|------|------|------|
| 11 | -517.20 | -34.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | -190.20 | 14.80  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | -357.90 | -9.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | -357.10 | -9.10  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N       | Mx     | My   |
|---------|---------|--------|------|
| 1       | -294.00 | -8.90  | 0.00 |
| 2       | -301.30 | -6.90  | 0.00 |
| 3       | -299.90 | -7.50  | 0.00 |
| 4       | -299.50 | -6.60  | 0.00 |
| 5       | -380.00 | -25.60 | 0.00 |
| 6       | -139.70 | 11.40  | 0.00 |
| 7       | -262.20 | -6.60  | 0.00 |
| 8       | -261.30 | -6.70  | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N       | Mx             | My          |
|---------|---------|----------------|-------------|
| 1       | -258.30 | -7.50 (-57.09) | 0.00 (0.00) |
| 2       | -262.70 | -6.30 (-48.68) | 0.00 (0.00) |
| 3       | -261.90 | -6.60 (-50.76) | 0.00 (0.00) |
| 4       | -261.20 | -6.50 (-50.22) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N       | Mx             | My          |
|---------|---------|----------------|-------------|
| 1       | -149.70 | -3.70 (-49.94) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

|  |         |
|--|---------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 8.0 cm  |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 14.4 cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO



|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |
|          | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000                                       |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.                                     |

| N°Comb | Ver | N       | Mx     | My   | N Res   | Mx Res  | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|---------|--------|------|---------|---------|--------|----------|---------|
| 1      | N   | -437.40 | -16.70 | 0.00 | -437.16 | -282.50 | 0.00   | 10.48    | 34.6    |
| 2      | N   | -411.30 | -14.70 | 0.00 | -411.11 | -290.25 | 0.00   | 11.87    | 34.6    |
| 3      | N   | -204.70 | 37.10  | 0.00 | -204.99 | 422.08  | 0.00   | 13.11    | 34.6    |
| 4      | N   | -198.80 | 35.90  | 0.00 | -198.65 | 423.97  | 0.00   | 13.62    | 34.6    |
| 5      | N   | -172.40 | 5.70   | 0.00 | -172.30 | 431.84  | 0.00   | 346.54   | 34.6    |
| 6      | N   | -177.70 | 4.30   | 0.00 | -177.61 | -359.68 | 0.00   | 999.00   | 34.6    |
| 7      | N   | -401.60 | -11.90 | 0.00 | -401.85 | -293.00 | 0.00   | 13.60    | 34.6    |
| 8      | N   | -410.60 | -9.40  | 0.00 | -410.49 | -290.43 | 0.00   | 15.02    | 34.6    |
| 9      | N   | -408.70 | -10.20 | 0.00 | -408.64 | -290.98 | 0.00   | 14.51    | 34.6    |
| 10     | N   | -409.10 | -8.80  | 0.00 | -409.25 | -290.80 | 0.00   | 15.54    | 34.6    |
| 11     | N   | -517.20 | -34.70 | 0.00 | -517.29 | -258.30 | 0.00   | 5.65     | 34.6    |
| 12     | N   | -190.20 | 14.80  | 0.00 | -190.03 | 426.55  | 0.00   | 42.71    | 34.6    |
| 13     | N   | -357.90 | -9.00  | 0.00 | -357.69 | -306.13 | 0.00   | 17.26    | 34.6    |
| 14     | N   | -357.10 | -9.10  | 0.00 | -357.08 | -306.31 | 0.00   | 17.19    | 34.6    |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.090 | -50.0  | 0.0    | -0.00183 | -41.0  | 9.0    | -0.03560 | -41.0  | 66.0   |
| 2      | 0.00350 | 0.090 | -50.0  | 0.0    | -0.00178 | -41.0  | 9.0    | -0.03525 | -41.0  | 66.0   |
| 3      | 0.00350 | 0.099 | -50.0  | 75.0   | -0.00135 | -41.0  | 66.0   | -0.03203 | -41.0  | 9.0    |
| 4      | 0.00350 | 0.099 | -50.0  | 75.0   | -0.00133 | -41.0  | 66.0   | -0.03194 | -41.0  | 9.0    |
| 5      | 0.00350 | 0.100 | -50.0  | 75.0   | -0.00128 | -41.0  | 66.0   | -0.03156 | 41.0   | 9.0    |
| 6      | 0.00350 | 0.098 | -50.0  | 0.0    | -0.00136 | -41.0  | 9.0    | -0.03217 | 41.0   | 66.0   |
| 7      | 0.00350 | 0.091 | -50.0  | 0.0    | -0.00177 | -41.0  | 9.0    | -0.03512 | -41.0  | 66.0   |
| 8      | 0.00350 | 0.090 | -50.0  | 0.0    | -0.00178 | -41.0  | 9.0    | -0.03524 | -41.0  | 66.0   |
| 9      | 0.00350 | 0.090 | -50.0  | 0.0    | -0.00178 | -41.0  | 9.0    | -0.03521 | -41.0  | 66.0   |
| 10     | 0.00350 | 0.090 | -50.0  | 0.0    | -0.00178 | -41.0  | 9.0    | -0.03522 | -41.0  | 66.0   |
| 11     | 0.00350 | 0.086 | -50.0  | 0.0    | -0.00203 | -41.0  | 9.0    | -0.03706 | -41.0  | 66.0   |
| 12     | 0.00350 | 0.099 | -50.0  | 75.0   | -0.00132 | -41.0  | 66.0   | -0.03182 | -41.0  | 9.0    |
| 13     | 0.00350 | 0.092 | -50.0  | 0.0    | -0.00169 | -41.0  | 9.0    | -0.03453 | -41.0  | 66.0   |
| 14     | 0.00350 | 0.092 | -50.0  | 0.0    | -0.00168 | -41.0  | 9.0    | -0.03452 | -41.0  | 66.0   |



### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

|        | a, b, c    | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.    |              |       |        |
|--------|------------|---|--------------|-------|--------|
|        | x/d        | Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC): deve essere < 0.45 |              |       |        |
|        | C.Rid.     | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue               |              |       |        |
| N°Comb | a          | b   | c            | x/d   | C.Rid. |
| 1      | 0.00000000 | -0.000592366  | 0.003500000  | 0.090 | 0.700  |
| 2      | 0.00000000 | -0.000587090  | 0.003500000  | 0.090 | 0.700  |
| 3      | 0.00000000 | 0.000538349   | -0.036876176 | 0.099 | 0.700  |
| 4      | 0.00000000 | 0.000536967   | -0.036772539 | 0.099 | 0.700  |
| 5      | 0.00000000 | 0.000531189   | -0.036339145 | 0.100 | 0.700  |
| 6      | 0.00000000 | -0.000540485  | 0.003500000  | 0.098 | 0.700  |
| 7      | 0.00000000 | -0.000585206  | 0.003500000  | 0.091 | 0.700  |
| 8      | 0.00000000 | -0.000586965  | 0.003500000  | 0.090 | 0.700  |
| 9      | 0.00000000 | -0.000586588  | 0.003500000  | 0.090 | 0.700  |
| 10     | 0.00000000 | -0.000586713  | 0.003500000  | 0.090 | 0.700  |
| 11     | 0.00000000 | -0.000614476  | 0.003500000  | 0.086 | 0.700  |
| 12     | 0.00000000 | 0.000535083   | -0.036631214 | 0.099 | 0.700  |
| 13     | 0.00000000 | -0.000576161  | 0.003500000  | 0.092 | 0.700  |
| 14     | 0.00000000 | -0.000576035  | 0.003500000  | 0.092 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata   |
|----------------|--|
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]                        |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)                      |
| Ss min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]                                 |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)                    |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -103.5 | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |
| 2      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -103.6 | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |
| 3      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -103.8 | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |
| 4      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -102.7 | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |
| 5      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -149.5 | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |
| 6      | S   | 0.00   | -50.0  | 75.0   | -47.7  | -8.2   | 9.0    | 4385    | 34.6    |
| 7      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -90.8  | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |
| 8      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -90.7  | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Ver. | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$ |
|------|---|
| e1   | Esito della verifica  |
| e2   | Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  |
| k1   | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff            |
| kt   | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]   |
| k2   | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]   |
| k2   | = $(e1 + e2)/(2 * e1)$ [eq.(7.13)EC2]   |

|             |  |
|-------------|--|
| k3          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| k4          | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Ø           | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]   |
| Cf          | Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa   |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]<br>Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max      | Massima distanza tra le fessure [mm]   |
| wk          | Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  |
| Mx fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  |
| My fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]  |

| Comb. | Ver | e1       | e2       | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk             | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----------|-------|------|----|-------------------|--------|----------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00054 | -0.00032 | 0.796 | 20.0 | 80 | 0.00031 (0.00031) | 958    | 0.298 (990.00) | -59.07  | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00054 | -0.00034 | 0.817 | 20.0 | 80 | 0.00031 (0.00031) | 977    | 0.304 (990.00) | -46.81  | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00054 | -0.00034 | 0.811 | 20.0 | 80 | 0.00031 (0.00031) | 972    | 0.303 (990.00) | -50.43  | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00054 | -0.00034 | 0.820 | 20.0 | 80 | 0.00031 (0.00031) | 979    | 0.302 (990.00) | -45.30  | 0.00    |
| 5     | S   | -0.00081 | -0.00033 | 0.703 | 20.0 | 80 | 0.00045 (0.00045) | 879    | 0.394 (990.00) | -107.00 | 0.00    |
| 6     | S   | -0.00025 | -0.00015 | 0.791 | 20.0 | 80 | 0.00014 (0.00014) | 955    | 0.137 (990.00) | 123.31  | 0.00    |
| 7     | S   | -0.00048 | -0.00030 | 0.810 | 20.0 | 80 | 0.00027 (0.00027) | 971    | 0.265 (990.00) | -50.71  | 0.00    |
| 8     | S   | -0.00048 | -0.00029 | 0.809 | 20.0 | 80 | 0.00027 (0.00027) | 970    | 0.264 (990.00) | -51.50  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -90.6  | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |
| 2      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -90.7  | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |
| 3      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -90.7  | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |
| 4      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -90.4  | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2       | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00048 | -0.00028 | 0.799 | 20.0 | 80 | 0.00027 (0.00027) | 961    | 0.261 (0.30) | -57.09  | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00047 | -0.00030 | 0.814 | 20.0 | 80 | 0.00027 (0.00027) | 974    | 0.265 (0.30) | -48.68  | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00048 | -0.00030 | 0.810 | 20.0 | 80 | 0.00027 (0.00027) | 971    | 0.264 (0.30) | -50.76  | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00047 | -0.00029 | 0.811 | 20.0 | 80 | 0.00027 (0.00027) | 972    | 0.264 (0.30) | -50.22  | 0.00    |

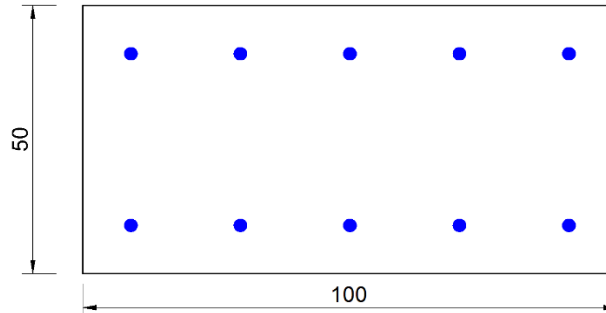
#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.00   | -50.0  | 0.0    | -51.8  | 20.5   | 66.0   | 4385    | 34.6    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2       | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00027 | -0.00017 | 0.812 | 20.0 | 80 | 0.00016 (0.00016) | 972    | 0.151 (0.20) | -49.94  | 0.00    |

Sezione V2



**Figura 138 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: SPA\_frontale\_V2**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Descrizione Sezione:          |   |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi                             |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.  |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante   |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive   |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                                   |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                              |  |                     |                     |
|------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -               | Classe:  | C32/40              |                     |
|                              | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.1                | MPa                 |
|                              | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020              |                     |
|                              | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035              |                     |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo |                     |
|                              | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33643.0             | MPa                 |
|                              | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.03                | MPa                 |
|                              | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |                     |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 19.2                | MPa                 |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 19.2                | MPa                 |
|                              | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300               | mm                  |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 14.4                | MPa                 |
|                              | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200               | mm                  |
| ACCIAIO -                    | Tipo:  | B450C               |                     |
|                              | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0               | MPa                 |
|                              | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0               | MPa                 |
|                              | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3               | MPa                 |
|                              | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3               | MPa                 |
|                              | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068               |                     |
|                              | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito    |                     |
|                              | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                |                     |
|                              | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                |                     |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00   | MPa                 |                     |

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |        |
| N°vertice:           | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | -50.0      | 0.0    |
| 2                    | -50.0      | 50.0   |
| 3                    | 50.0       | 50.0   |
| 4                    | 50.0       | 0.0    |

### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -41.0  | 9.0    | 20        |
| 2       | -41.0  | 41.0   | 20        |
| 3       | 41.0   | 41.0   | 20        |
| 4       | 41.0   | 9.0    | 20        |

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |  |  |  |
|--------------|---|--|--|--|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |  |  |  |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |  |  |  |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |  |  |  |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |  |  |  |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |  |  |  |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 20 |

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |  |  |  |  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |  |  |  |  |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |  |  |  |  |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |  |  |  |  |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x  |  |  |  |  |

| N°Comb. | N     | Mx    | My   | Vy   | Vx   |
|---------|-------|-------|------|------|------|
| 1       | 71.20 | 63.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 66.90 | 59.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 58.40 | 25.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 55.60 | 23.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 52.60 | 29.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 45.50 | 28.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 72.00 | 65.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | 52.20 | 66.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | 58.60 | 66.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10      | 47.70 | 65.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |        |       |      |      |      |
|----|--------|-------|------|------|------|
| 11 | 118.30 | 95.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 94.80  | 22.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 58.70  | 59.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 60.90  | 59.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx    | My   |
|---------|-------|-------|------|
| 1       | 54.60 | 47.90 | 0.00 |
| 2       | 38.10 | 48.70 | 0.00 |
| 3       | 42.80 | 48.70 | 0.00 |
| 4       | 36.60 | 48.20 | 0.00 |
| 5       | 87.70 | 70.30 | 0.00 |
| 6       | 64.70 | 17.10 | 0.00 |
| 7       | 42.90 | 43.90 | 0.00 |
| 8       | 45.50 | 43.60 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx             | My          |
|---------|-------|----------------|-------------|
| 1       | 51.20 | 43.30 (156.61) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 41.40 | 43.80 (153.17) | 0.00 (0.00) |
| 3       | 44.00 | 43.80 (154.02) | 0.00 (0.00) |
| 4       | 44.10 | 43.50 (154.15) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx             | My          |
|---------|-------|----------------|-------------|
| 1       | 44.90 | 29.20 (162.04) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

|  |         |
|--|---------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 8.0 cm  |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 18.5 cm |

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.   |

| N°Comb | Ver | N      | Mx    | My   | N Res  | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|--------|-------|------|--------|--------|--------|----------|---------|
| 1      | S   | 71.20  | 63.50 | 0.00 | 71.48  | 270.30 | 0.00   | 4.26     | 31.4    |
| 2      | S   | 66.90  | 59.00 | 0.00 | 66.97  | 269.51 | 0.00   | 4.57     | 31.4    |
| 3      | S   | 58.40  | 25.20 | 0.00 | 58.44  | 268.03 | 0.00   | 10.64    | 31.4    |
| 4      | S   | 55.60  | 23.90 | 0.00 | 55.42  | 267.51 | 0.00   | 11.19    | 31.4    |
| 5      | S   | 52.60  | 29.80 | 0.00 | 52.40  | 266.98 | 0.00   | 8.96     | 31.4    |
| 6      | S   | 45.50  | 28.10 | 0.00 | 45.33  | 265.75 | 0.00   | 9.46     | 31.4    |
| 7      | S   | 72.00  | 65.30 | 0.00 | 71.98  | 270.38 | 0.00   | 4.14     | 31.4    |
| 8      | S   | 52.20  | 66.20 | 0.00 | 52.40  | 266.98 | 0.00   | 4.03     | 31.4    |
| 9      | S   | 58.60  | 66.10 | 0.00 | 58.44  | 268.03 | 0.00   | 4.05     | 31.4    |
| 10     | S   | 47.70  | 65.70 | 0.00 | 47.86  | 266.19 | 0.00   | 4.05     | 31.4    |
| 11     | S   | 118.30 | 95.40 | 0.00 | 118.08 | 278.38 | 0.00   | 2.92     | 31.4    |
| 12     | S   | 94.80  | 22.90 | 0.00 | 94.89  | 274.36 | 0.00   | 11.98    | 31.4    |
| 13     | S   | 58.70  | 59.60 | 0.00 | 58.44  | 268.03 | 0.00   | 4.50     | 31.4    |
| 14     | S   | 60.90  | 59.40 | 0.00 | 60.95  | 268.47 | 0.00   | 4.52     | 31.4    |

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.169 | -50.0  | 50.0   | -0.00105 | -41.0  | 41.0   | -0.01723 | -41.0  | 9.0    |
| 2      | 0.00350 | 0.168 | -50.0  | 50.0   | -0.00106 | -41.0  | 41.0   | -0.01727 | -41.0  | 9.0    |
| 3      | 0.00350 | 0.168 | -50.0  | 50.0   | -0.00108 | -41.0  | 41.0   | -0.01734 | -41.0  | 9.0    |
| 4      | 0.00350 | 0.168 | -50.0  | 50.0   | -0.00108 | -41.0  | 41.0   | -0.01737 | -41.0  | 9.0    |
| 5      | 0.00350 | 0.168 | -50.0  | 50.0   | -0.00109 | -41.0  | 41.0   | -0.01739 | -41.0  | 9.0    |
| 6      | 0.00350 | 0.167 | -50.0  | 50.0   | -0.00110 | -41.0  | 41.0   | -0.01745 | -41.0  | 9.0    |
| 7      | 0.00350 | 0.169 | -50.0  | 50.0   | -0.00105 | -41.0  | 41.0   | -0.01723 | -41.0  | 9.0    |
| 8      | 0.00350 | 0.168 | -50.0  | 50.0   | -0.00109 | -41.0  | 41.0   | -0.01739 | -41.0  | 9.0    |
| 9      | 0.00350 | 0.168 | -50.0  | 50.0   | -0.00108 | -41.0  | 41.0   | -0.01734 | -41.0  | 9.0    |
| 10     | 0.00350 | 0.167 | -50.0  | 50.0   | -0.00109 | -41.0  | 41.0   | -0.01743 | -41.0  | 9.0    |
| 11     | 0.00350 | 0.172 | -50.0  | 50.0   | -0.00097 | -41.0  | 41.0   | -0.01684 | -41.0  | 9.0    |
| 12     | 0.00350 | 0.170 | -50.0  | 50.0   | -0.00101 | -41.0  | 41.0   | -0.01704 | -41.0  | 9.0    |
| 13     | 0.00350 | 0.168 | -50.0  | 50.0   | -0.00108 | -41.0  | 41.0   | -0.01734 | -41.0  | 9.0    |

14 0.00350 0.168 -50.0 50.0 -0.00107 -41.0 41.0 -0.01732 -41.0 9.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a          | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.00000000 | 0.000505711 | -0.021785567 | 0.169 | 0.700  |
| 2      | 0.00000000 | 0.000506624 | -0.021831207 | 0.168 | 0.700  |
| 3      | 0.00000000 | 0.000508348 | -0.021917416 | 0.168 | 0.700  |
| 4      | 0.00000000 | 0.000508957 | -0.021947843 | 0.168 | 0.700  |
| 5      | 0.00000000 | 0.000509565 | -0.021978270 | 0.168 | 0.700  |
| 6      | 0.00000000 | 0.000510985 | -0.022049266 | 0.167 | 0.700  |
| 7      | 0.00000000 | 0.000505610 | -0.021780496 | 0.169 | 0.700  |
| 8      | 0.00000000 | 0.000509565 | -0.021978270 | 0.168 | 0.700  |
| 9      | 0.00000000 | 0.000508348 | -0.021917416 | 0.168 | 0.700  |
| 10     | 0.00000000 | 0.000510478 | -0.022023910 | 0.167 | 0.700  |
| 11     | 0.00000000 | 0.000496178 | -0.021308881 | 0.172 | 0.700  |
| 12     | 0.00000000 | 0.000500944 | -0.021547224 | 0.170 | 0.700  |
| 13     | 0.00000000 | 0.000508348 | -0.021917416 | 0.168 | 0.700  |
| 14     | 0.00000000 | 0.000507841 | -0.021892061 | 0.168 | 0.700  |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.10   | -50.0  | 50.0   | -65.2  | -41.0  | 9.0    | 1200    | 15.7    |
| 2      | S   | 2.15   | -50.0  | 50.0   | -71.8  | -20.5  | 9.0    | 1250    | 15.7    |
| 3      | S   | 2.15   | -50.0  | 50.0   | -70.3  | -41.0  | 9.0    | 1250    | 15.7    |
| 4      | S   | 2.13   | -50.0  | 50.0   | -71.5  | -41.0  | 9.0    | 1250    | 15.7    |
| 5      | S   | 3.09   | -50.0  | 50.0   | -93.3  | -41.0  | 9.0    | 1200    | 15.7    |
| 6      | S   | 0.70   | -50.0  | 50.0   | -10.4  | -41.0  | 9.0    | 1000    | 15.7    |
| 7      | S   | 1.93   | -50.0  | 50.0   | -62.0  | -41.0  | 9.0    | 1250    | 15.7    |
| 8      | S   | 1.92   | -50.0  | 50.0   | -60.7  | -41.0  | 9.0    | 1250    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica  
e1 Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 =  $(e1 + e2)/(2*e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

|             |  |
|-------------|--|
| Ø           | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]   |
| Cf          | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]<br>Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max      | Massima distanza tra le fessure [mm]   |
| wk          | Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  |
| Mx fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  |
| My fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]  |

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk             | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|----------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00043 | 0.00000 | 0.840 | 20.0 | 80 | 0.00020 (0.00020) | 708    | 0.139 (990.00) | 155.98  | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00047 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 80 | 0.00022 (0.00022) | 724    | 0.156 (990.00) | 150.90  | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00046 | 0.00000 | 0.835 | 20.0 | 80 | 0.00021 (0.00021) | 724    | 0.153 (990.00) | 152.24  | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00047 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 80 | 0.00021 (0.00021) | 724    | 0.155 (990.00) | 150.59  | 0.00    |
| 5     | S   | -0.00062 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 80 | 0.00028 (0.00028) | 708    | 0.198 (990.00) | 157.58  | 0.00    |
| 6     | S   | -0.00007 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00003 (0.00003) | 633    | 0.020 (990.00) | 207.63  | 0.00    |
| 7     | S   | -0.00041 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00019 (0.00019) | 723    | 0.135 (990.00) | 153.63  | 0.00    |
| 8     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00018 (0.00018) | 723    | 0.132 (990.00) | 154.58  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.90   | -50.0  | 50.0   | -58.4  | 0.0    | 9.0    | 1200    | 15.7    |
| 2      | S   | 1.93   | -50.0  | 50.0   | -62.3  | -41.0  | 9.0    | 1250    | 15.7    |
| 3      | S   | 1.93   | -50.0  | 50.0   | -61.5  | 0.0    | 9.0    | 1250    | 15.7    |
| 4      | S   | 1.91   | -50.0  | 50.0   | -60.9  | -41.0  | 9.0    | 1250    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00039 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 80 | 0.00018 (0.00018) | 708    | 0.124 (0.30) | 156.61  | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00041 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00019 (0.00019) | 724    | 0.135 (0.30) | 153.17  | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00041 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00018 (0.00018) | 723    | 0.133 (0.30) | 154.02  | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00018 (0.00018) | 723    | 0.132 (0.30) | 154.15  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.28   | -50.0  | 50.0   | -36.1  | -41.0  | 9.0    | 1200    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

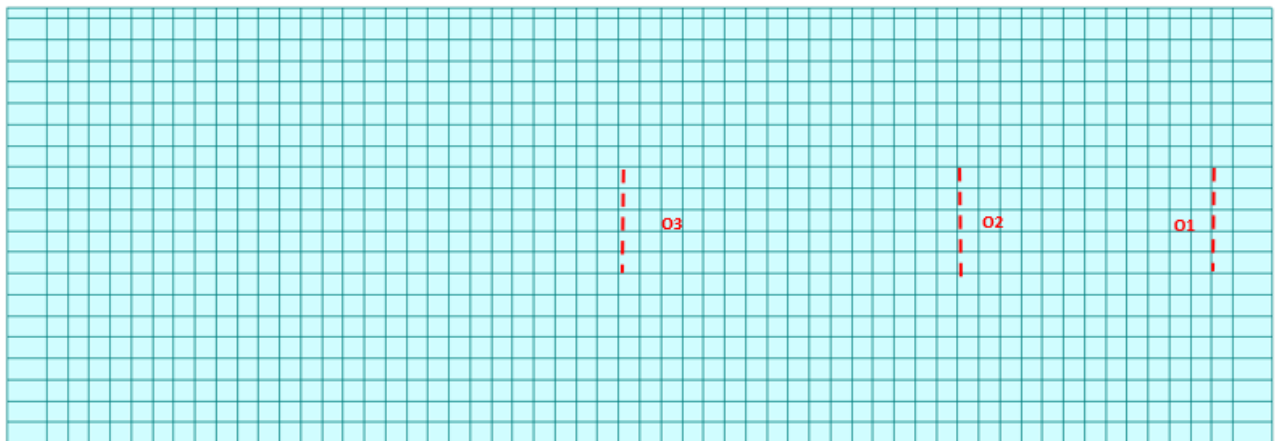
| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00024 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 80 | 0.00011 (0.00011) | 706    | 0.077 (0.20) | 162.04  | 0.00    |



### 9.1.1.2 Verifica a pressoflessione – armatura orizzontale

In figura sono indicate le section-cut considerate per il dimensionamento e la verifica dell'armatura orizzontale costituita da barre  $\varnothing 20/20''$  sia internamente che esternamente, per la porzione di muro frontale che va dall'estradosso platea di fondazione (base muro frontale) fino all'altezza di 3.10m.

Per l'altezza rimanente che va dai 3.10 m a tutta l'altezza del muro frontale di 4.10 m, le verifiche sono riportate nel paragrafo seguente 9.1.2.2



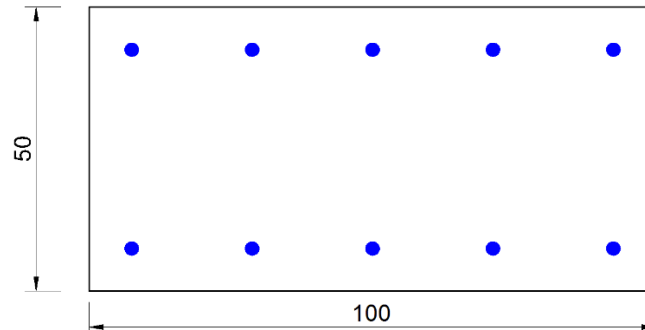
**Figura 139 – Section-cut verticali muro frontale**

Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche per tutte le sezioni analizzate e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

| Elemento      | Section cut | SLU/SLV | Rara             |                  | Freq   | Qp               |        | Arm. esterna | Arm. interna |
|---------------|-------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|--------------|--------------|
|               |             | CS      | $\sigma_s$ (Mpa) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) |              |              |
| Muro frontale | O1          | 3.01    | -101.66          | 1.96             | 0.197  | 1.24             | 0.138  | 20/200       | 20/200       |
|               | O2          | 9.66    | -36.82           | 0.77             | 0.068  | 0.51             | 0.044  | 20/200       | 20/200       |
|               | O3          | 3.94    | -76.57           | 2.00             | 0.084  | 0.07             | 0.053  | 20/200       | 20/200       |

Si esplicitano le verifiche delle sezioni risultate più critiche (dimensioni 1.00 x 0.50 m).

Sezione O1



**Figura 140 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: SPB\_frontale\_O1**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Descrizione Sezione:          |   |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi                             |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.  |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante   |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive   |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                                   |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                              |  |                             |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -               | Classe:  | C32/40                      |
|                              | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.1 MPa                    |
|                              | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020                      |
|                              | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035                      |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo         |
|                              | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33643.0 MPa                 |
|                              | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.03 MPa                    |
|                              | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00                       |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 19.2 MPa                    |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 19.2 MPa                    |
|                              | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300 mm                    |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 14.4 MPa                    |
|                              | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200 mm                    |
| ACCIAIO -                    | Tipo:  | B450C                       |
|                              | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0 MPa                   |
|                              | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0 MPa                   |
|                              | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3 MPa                   |
|                              | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3 MPa                   |
|                              | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068                       |
|                              | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito            |
|                              | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                        |
|                              | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                        |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 MPa   |                             |

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |        |
| N°vertice:           | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | -50.0      | 0.0    |
| 2                    | -50.0      | 50.0   |
| 3                    | 50.0       | 50.0   |
| 4                    | 50.0       | 0.0    |

### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -42.5  | 7.5    | 20        |
| 2       | -42.5  | 42.5   | 20        |
| 3       | 42.5   | 42.5   | 20        |
| 4       | 42.5   | 7.5    | 20        |

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |  |  |  |
|--------------|---|--|--|--|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |  |  |  |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |  |  |  |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |  |  |  |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |  |  |  |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |  |  |  |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 20 |

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |  |  |  |  |
|----|---|--|--|--|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)   |  |  |  |  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |  |  |  |  |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |  |  |  |  |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y   |  |  |  |  |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x   |  |  |  |  |

| N°Comb. | N      | Mx    | My   | Vy   | Vx   |
|---------|--------|-------|------|------|------|
| 1       | -59.30 | 59.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | -56.40 | 55.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | -92.80 | 56.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | -88.90 | 54.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | -45.10 | 35.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | -44.70 | 34.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | -76.90 | 68.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | -75.20 | 67.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | -75.70 | 67.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |        |       |      |      |      |
|----|--------|-------|------|------|------|
| 10 | -75.00 | 67.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | -79.00 | 81.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | -59.30 | 41.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | -69.40 | 61.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | -69.50 | 61.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx    | My   |
|---------|--------|-------|------|
| 1       | -56.70 | 50.00 | 0.00 |
| 2       | -55.30 | 49.60 | 0.00 |
| 3       | -55.60 | 49.70 | 0.00 |
| 4       | -55.30 | 49.50 | 0.00 |
| 5       | -58.10 | 59.90 | 0.00 |
| 6       | -43.20 | 30.30 | 0.00 |
| 7       | -51.00 | 45.20 | 0.00 |
| 8       | -51.10 | 45.30 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx             | My          |
|---------|--------|----------------|-------------|
| 1       | -51.70 | 45.40 (130.82) | 0.00 (0.00) |
| 2       | -50.80 | 45.20 (130.98) | 0.00 (0.00) |
| 3       | -51.00 | 45.30 (130.96) | 0.00 (0.00) |
| 4       | -51.00 | 45.30 (130.96) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx             | My          |
|---------|--------|----------------|-------------|
| 1       | -37.00 | 31.70 (130.53) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |
|          | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000                                       |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.                                     |

| N°Comb | Ver | N      | Mx    | My   | N Res  | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|--------|-------|------|--------|--------|--------|----------|---------|
| 1      | S   | -59.30 | 59.10 | 0.00 | -59.43 | 248.28 | 0.00   | 4.20     | 31.4    |
| 2      | S   | -56.40 | 55.30 | 0.00 | -56.35 | 248.85 | 0.00   | 4.50     | 31.4    |
| 3      | S   | -92.80 | 56.80 | 0.00 | -92.76 | 242.10 | 0.00   | 4.26     | 31.4    |
| 4      | S   | -88.90 | 54.60 | 0.00 | -88.86 | 242.82 | 0.00   | 4.45     | 31.4    |
| 5      | S   | -45.10 | 35.90 | 0.00 | -44.84 | 250.98 | 0.00   | 6.99     | 31.4    |
| 6      | S   | -44.70 | 34.90 | 0.00 | -44.84 | 250.98 | 0.00   | 7.19     | 31.4    |
| 7      | S   | -76.90 | 68.00 | 0.00 | -76.81 | 245.06 | 0.00   | 3.60     | 31.4    |
| 8      | S   | -75.20 | 67.50 | 0.00 | -75.26 | 245.34 | 0.00   | 3.63     | 31.4    |
| 9      | S   | -75.70 | 67.70 | 0.00 | -75.65 | 245.27 | 0.00   | 3.62     | 31.4    |
| 10     | S   | -75.00 | 67.30 | 0.00 | -74.88 | 245.42 | 0.00   | 3.65     | 31.4    |
| 11     | S   | -79.00 | 81.40 | 0.00 | -78.75 | 244.70 | 0.00   | 3.01     | 31.4    |
| 12     | S   | -59.30 | 41.60 | 0.00 | -59.43 | 248.28 | 0.00   | 5.97     | 31.4    |
| 13     | S   | -69.40 | 61.50 | 0.00 | -69.46 | 246.42 | 0.00   | 4.01     | 31.4    |
| 14     | S   | -69.50 | 61.60 | 0.00 | -69.46 | 246.42 | 0.00   | 4.00     | 31.4    |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.138 | -50.0  | 50.0   | -0.00097 | -42.5  | 42.5   | -0.02185 | -42.5  | 7.5    |
| 2      | 0.00350 | 0.138 | -50.0  | 50.0   | -0.00097 | -42.5  | 42.5   | -0.02182 | -42.5  | 7.5    |
| 3      | 0.00350 | 0.136 | -50.0  | 50.0   | -0.00104 | -42.5  | 42.5   | -0.02221 | -42.5  | 7.5    |
| 4      | 0.00350 | 0.136 | -50.0  | 50.0   | -0.00103 | -42.5  | 42.5   | -0.02217 | -42.5  | 7.5    |
| 5      | 0.00350 | 0.139 | -50.0  | 50.0   | -0.00095 | -42.5  | 42.5   | -0.02170 | -42.5  | 7.5    |
| 6      | 0.00350 | 0.139 | -50.0  | 50.0   | -0.00095 | -42.5  | 42.5   | -0.02170 | -42.5  | 7.5    |
| 7      | 0.00350 | 0.137 | -50.0  | 50.0   | -0.00101 | -42.5  | 42.5   | -0.02204 | -42.5  | 7.5    |
| 8      | 0.00350 | 0.137 | -50.0  | 50.0   | -0.00100 | -42.5  | 42.5   | -0.02202 | -42.5  | 7.5    |
| 9      | 0.00350 | 0.137 | -50.0  | 50.0   | -0.00100 | -42.5  | 42.5   | -0.02203 | -42.5  | 7.5    |
| 10     | 0.00350 | 0.137 | -50.0  | 50.0   | -0.00100 | -42.5  | 42.5   | -0.02202 | -42.5  | 7.5    |
| 11     | 0.00350 | 0.137 | -50.0  | 50.0   | -0.00101 | -42.5  | 42.5   | -0.02206 | -42.5  | 7.5    |
| 12     | 0.00350 | 0.138 | -50.0  | 50.0   | -0.00097 | -42.5  | 42.5   | -0.02185 | -42.5  | 7.5    |
| 13     | 0.00350 | 0.137 | -50.0  | 50.0   | -0.00099 | -42.5  | 42.5   | -0.02196 | -42.5  | 7.5    |
| 14     | 0.00350 | 0.137 | -50.0  | 50.0   | -0.00099 | -42.5  | 42.5   | -0.02196 | -42.5  | 7.5    |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | 0.000596561 | -0.026328035 | 0.138 | 0.700  |
| 2      | 0.000000000 | 0.000595779 | -0.026288958 | 0.138 | 0.700  |
| 3      | 0.000000000 | 0.000604962 | -0.026748112 | 0.136 | 0.700  |
| 4      | 0.000000000 | 0.000603985 | -0.026699265 | 0.136 | 0.700  |
| 5      | 0.000000000 | 0.000592848 | -0.026142420 | 0.139 | 0.700  |
| 6      | 0.000000000 | 0.000592848 | -0.026142420 | 0.139 | 0.700  |
| 7      | 0.000000000 | 0.000600957 | -0.026547843 | 0.137 | 0.700  |
| 8      | 0.000000000 | 0.000600566 | -0.026528304 | 0.137 | 0.700  |
| 9      | 0.000000000 | 0.000600664 | -0.026533189 | 0.137 | 0.700  |
| 10     | 0.000000000 | 0.000600468 | -0.026523420 | 0.137 | 0.700  |
| 11     | 0.000000000 | 0.000601445 | -0.026572266 | 0.137 | 0.700  |
| 12     | 0.000000000 | 0.000596561 | -0.026328035 | 0.138 | 0.700  |
| 13     | 0.000000000 | 0.000599101 | -0.026455035 | 0.137 | 0.700  |
| 14     | 0.000000000 | 0.000599101 | -0.026455035 | 0.137 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.96   | -50.0  | 50.0   | -101.7 | -21.3  | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 2      | S   | 1.94   | -50.0  | 50.0   | -100.5 | -42.5  | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 3      | S   | 1.95   | -50.0  | 50.0   | -100.8 | -21.3  | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 4      | S   | 1.94   | -50.0  | 50.0   | -100.4 | -21.3  | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 5      | S   | 2.36   | -50.0  | 50.0   | -118.6 | -42.5  | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 6      | S   | 1.17   | -50.0  | 50.0   | -64.5  | 21.3   | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 7      | S   | 1.77   | -50.0  | 50.0   | -91.8  | -21.3  | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 8      | S   | 1.77   | -50.0  | 50.0   | -92.0  | -42.5  | 7.5    | 1350    | 15.7    |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                      Esito della verifica  
e2                      Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
k1                      Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                      =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                      Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                      Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm          Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max                Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm sr max |     | wk             | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|--------------------|-----|----------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00062 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00030 (0.00030)  | 710 | 0.216 (990.00) | 130.87  | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00062 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00030 (0.00030)  | 710 | 0.214 (990.00) | 131.07  | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00062 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00030 (0.00030)  | 710 | 0.215 (990.00) | 131.03  | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00062 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00030 (0.00030)  | 710 | 0.214 (990.00) | 131.05  | 0.00    |
| 5     | S   | -0.00073 | 0.00000 | 0.835 | 20.0 | 65 | 0.00036 (0.00036)  | 709 | 0.252 (990.00) | 132.59  | 0.00    |
| 6     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019)  | 711 | 0.138 (990.00) | 127.93  | 0.00    |
| 7     | S   | -0.00056 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00028 (0.00028)  | 710 | 0.196 (990.00) | 130.93  | 0.00    |
| 8     | S   | -0.00056 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00028 (0.00028)  | 710 | 0.196 (990.00) | 130.93  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.78   | -50.0  | 50.0   | -92.4  | -21.3  | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 2      | S   | 1.77   | -50.0  | 50.0   | -91.8  | -42.5  | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 3      | S   | 1.77   | -50.0  | 50.0   | -92.0  | -42.5  | 7.5    | 1350    | 15.7    |
| 4      | S   | 1.77   | -50.0  | 50.0   | -92.0  | -42.5  | 7.5    | 1350    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm sr max |     | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|--------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00057 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00028 (0.00028)  | 710 | 0.197 (0.30) | 130.82  | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00056 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00028 (0.00028)  | 710 | 0.195 (0.30) | 130.98  | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00056 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00028 (0.00028)  | 710 | 0.196 (0.30) | 130.96  | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00056 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00028 (0.00028)  | 710 | 0.196 (0.30) | 130.96  | 0.00    |

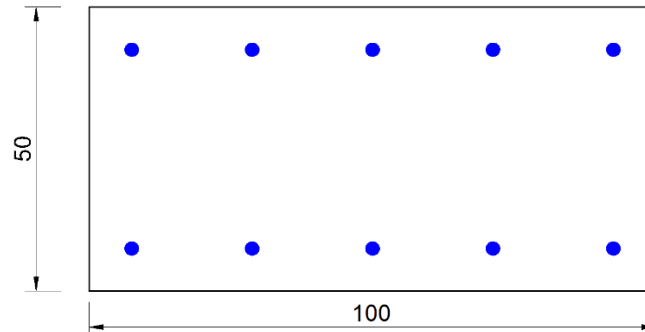
#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.24   | -50.0  | 50.0   | -64.8  | -21.3  | 7.5    | 1350    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm sr max |     | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|--------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.837 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019)  | 710 | 0.138 (0.20) | 130.53  | 0.00    |

## Sezione O2



**Figura 141 – Sezione implementata in RC-SEC**

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: SPB\_frontale\_O2

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                              |  |                     |                     |
|------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -               | Classe:  | C32/40              |                     |
|                              | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.1                | MPa                 |
|                              | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020              |                     |
|                              | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035              |                     |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo |                     |
|                              | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33643.0             | MPa                 |
|                              | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.03                | MPa                 |
|                              | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |                     |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 19.2                | MPa                 |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 19.2                | MPa                 |
|                              | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300               | mm                  |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 14.4                | MPa                 |
|                              | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200               | mm                  |
| ACCIAIO -                    | Tipo:  | B450C               |                     |
|                              | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0               | MPa                 |
|                              | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0               | MPa                 |
|                              | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3               | MPa                 |
|                              | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3               | MPa                 |
|                              | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068               |                     |
|                              | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito    |                     |
|                              | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                |                     |
|                              | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                |                     |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00   | MPa                 |                     |



### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |        |
| N°vertice:           | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | -50.0      | 0.0    |
| 2                    | -50.0      | 50.0   |
| 3                    | 50.0       | 50.0   |
| 4                    | 50.0       | 0.0    |

### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -42.5  | 7.5    | 20        |
| 2       | -42.5  | 42.5   | 20        |
| 3       | 42.5   | 42.5   | 20        |
| 4       | 42.5   | 7.5    | 20        |

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |  |  |  |
|--------------|---|--|--|--|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |  |  |  |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |  |  |  |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |  |  |  |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |  |  |  |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |  |  |  |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 20 |

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |  |  |  |  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |  |  |  |  |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |  |  |  |  |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |  |  |  |  |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x  |  |  |  |  |

| N°Comb. | N      | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|--------|--------|------|------|------|
| 1       | -13.10 | -23.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | -14.50 | -22.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | -49.20 | -7.20  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | -49.40 | -6.80  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | -4.60  | -11.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | -12.90 | -10.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | -17.70 | -26.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | -3.70  | -26.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | -7.20  | -26.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |       |        |      |      |      |
|----|-------|--------|------|------|------|
| 10 | -3.90 | -26.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 7.80  | -26.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | -1.00 | -21.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | -6.30 | -23.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | -7.00 | -24.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx     | My   |
|---------|--------|--------|------|
| 1       | -13.50 | -19.50 | 0.00 |
| 2       | -2.50  | -19.20 | 0.00 |
| 3       | -5.10  | -19.20 | 0.00 |
| 4       | -3.30  | -19.60 | 0.00 |
| 5       | 5.80   | -19.80 | 0.00 |
| 6       | 1.20   | -15.30 | 0.00 |
| 7       | -4.40  | -17.50 | 0.00 |
| 8       | -5.30  | -17.70 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx               | My          |
|---------|-------|------------------|-------------|
| 1       | -9.80 | -17.80 (-137.19) | 0.00 (0.00) |
| 2       | -3.30 | -17.60 (-141.44) | 0.00 (0.00) |
| 3       | -4.70 | -17.60 (-140.49) | 0.00 (0.00) |
| 4       | -4.90 | -17.80 (-140.39) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx               | My          |
|---------|-------|------------------|-------------|
| 1       | -0.90 | -12.70 (-142.86) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |
|          | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000                                       |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.                                     |

| N°Comb | Ver | N      | Mx     | My   | N Res  | Mx Res  | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|--------|--------|------|--------|---------|--------|----------|---------|
| 1      | N   | -13.10 | -23.90 | 0.00 | -12.88 | -256.89 | 0.00   | 10.75    | 31.4    |
| 2      | N   | -14.50 | -22.00 | 0.00 | -14.39 | -256.61 | 0.00   | 11.66    | 31.4    |
| 3      | N   | -49.20 | -7.20  | 0.00 | -49.43 | -250.13 | 0.00   | 34.74    | 31.4    |
| 4      | N   | -49.40 | -6.80  | 0.00 | -49.43 | -250.13 | 0.00   | 36.78    | 31.4    |
| 5      | N   | -4.60  | -11.00 | 0.00 | -4.58  | -258.43 | 0.00   | 23.49    | 31.4    |
| 6      | N   | -12.90 | -10.50 | 0.00 | -12.88 | -256.89 | 0.00   | 24.47    | 31.4    |
| 7      | N   | -17.70 | -26.50 | 0.00 | -17.42 | -256.05 | 0.00   | 9.66     | 31.4    |
| 8      | N   | -3.70  | -26.20 | 0.00 | -3.82  | -258.56 | 0.00   | 9.87     | 31.4    |
| 9      | N   | -7.20  | -26.20 | 0.00 | -7.22  | -257.94 | 0.00   | 9.84     | 31.4    |
| 10     | N   | -3.90  | -26.60 | 0.00 | -3.82  | -258.56 | 0.00   | 9.72     | 31.4    |
| 11     | N   | 7.80   | -26.90 | 0.00 | 7.82   | -260.72 | 0.00   | 9.69     | 31.4    |
| 12     | N   | -1.00  | -21.20 | 0.00 | -0.81  | -259.12 | 0.00   | 12.22    | 31.4    |
| 13     | N   | -6.30  | -23.90 | 0.00 | -6.08  | -258.15 | 0.00   | 10.80    | 31.4    |
| 14     | N   | -7.00  | -24.10 | 0.00 | -6.84  | -258.01 | 0.00   | 10.71    | 31.4    |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00088 | -42.5  | 7.5    | -0.02135 | 42.5   | 42.5   |
| 2      | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00089 | -42.5  | 7.5    | -0.02136 | 42.5   | 42.5   |
| 3      | 0.00350 | 0.139 | -50.0  | 0.0    | -0.00096 | -42.5  | 7.5    | -0.02175 | 42.5   | 42.5   |
| 4      | 0.00350 | 0.139 | -50.0  | 0.0    | -0.00096 | -42.5  | 7.5    | -0.02175 | 42.5   | 42.5   |
| 5      | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00087 | -42.5  | 7.5    | -0.02126 | 42.5   | 42.5   |
| 6      | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00088 | -42.5  | 7.5    | -0.02135 | 42.5   | 42.5   |
| 7      | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00089 | -42.5  | 7.5    | -0.02140 | 42.5   | 42.5   |
| 8      | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00087 | -42.5  | 7.5    | -0.02125 | 42.5   | 42.5   |
| 9      | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00087 | -42.5  | 7.5    | -0.02129 | 42.5   | 42.5   |
| 10     | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00087 | -42.5  | 7.5    | -0.02125 | 42.5   | 42.5   |
| 11     | 0.00350 | 0.142 | -50.0  | 0.0    | -0.00084 | -42.5  | 7.5    | -0.02112 | 42.5   | 42.5   |
| 12     | 0.00350 | 0.142 | -50.0  | 0.0    | -0.00086 | -42.5  | 7.5    | -0.02121 | 42.5   | 42.5   |
| 13     | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00087 | -42.5  | 7.5    | -0.02127 | 42.5   | 42.5   |
| 14     | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00087 | -42.5  | 7.5    | -0.02128 | 42.5   | 42.5   |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a          | b            | c           | x/d   | C.Rid. |
|--------|------------|--------------|-------------|-------|--------|
| 1      | 0.00000000 | -0.000584642 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 2      | 0.00000000 | -0.000585033 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 3      | 0.00000000 | -0.000594021 | 0.003500000 | 0.139 | 0.700  |
| 4      | 0.00000000 | -0.000594021 | 0.003500000 | 0.139 | 0.700  |
| 5      | 0.00000000 | -0.000582493 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 6      | 0.00000000 | -0.000584642 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 7      | 0.00000000 | -0.000585815 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 8      | 0.00000000 | -0.000582298 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 9      | 0.00000000 | -0.000583177 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 10     | 0.00000000 | -0.000582298 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 11     | 0.00000000 | -0.000579269 | 0.003500000 | 0.142 | 0.700  |
| 12     | 0.00000000 | -0.000581516 | 0.003500000 | 0.142 | 0.700  |
| 13     | 0.00000000 | -0.000582884 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 14     | 0.00000000 | -0.000583079 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.77   | 50.0   | 0.0    | -36.8  | 21.3   | 42.5   | 1350    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.77   | 50.0   | 0.0    | -32.8  | 21.3   | 42.5   | 1300    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.77   | 50.0   | 0.0    | -33.6  | -21.3  | 42.5   | 1300    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.79   | 50.0   | 0.0    | -33.7  | 21.3   | 42.5   | 1300    | 15.7    |
| 5      | S   | 0.80   | 50.0   | 0.0    | -31.1  | -42.5  | 42.5   | 1250    | 15.7    |
| 6      | S   | 0.62   | 50.0   | 0.0    | -25.1  | 21.3   | 42.5   | 1300    | 15.7    |
| 7      | S   | 0.70   | 50.0   | 0.0    | -30.5  | -21.3  | 42.5   | 1300    | 15.7    |
| 8      | S   | 0.71   | 50.0   | 0.0    | -31.2  | 21.3   | 42.5   | 1300    | 15.7    |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.                      Esito della verifica  
e1                      Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
e2                      Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
k1                      = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                      =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                      Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                      Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm          Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
                            Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max                Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm}) [(7.8)EC2 \text{ e } (C4.1.7)NTC]$ . Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm sr max |     | wk             | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|--------------------|-----|----------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00023 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00011 (0.00011)  | 708 | 0.078 (990.00) | -135.60 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00020 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00010 (0.00010)  | 691 | 0.068 (990.00) | -142.14 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00021 | 0.00000 | 0.837 | 20.0 | 65 | 0.00010 (0.00010)  | 692 | 0.070 (990.00) | -140.51 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00021 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00010 (0.00010)  | 692 | 0.070 (990.00) | -141.67 | 0.00    |
| 5     | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00009 (0.00009)  | 675 | 0.063 (990.00) | -147.49 | 0.00    |
| 6     | S   | -0.00016 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00008 (0.00008)  | 691 | 0.052 (990.00) | -144.73 | 0.00    |
| 7     | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.837 | 20.0 | 65 | 0.00009 (0.00009)  | 692 | 0.063 (990.00) | -140.67 | 0.00    |
| 8     | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.837 | 20.0 | 65 | 0.00009 (0.00009)  | 692 | 0.065 (990.00) | -140.10 | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.71   | 50.0   | 0.0    | -32.8  | 21.3   | 42.5   | 1300    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.71   | 50.0   | 0.0    | -30.3  | 0.0    | 42.5   | 1300    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.71   | 50.0   | 0.0    | -30.8  | 21.3   | 42.5   | 1300    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.72   | 50.0   | 0.0    | -31.2  | 21.3   | 42.5   | 1300    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm sr max |     | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|--------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00020 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00010 (0.00010)  | 693 | 0.068 (0.30) | -137.19 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00009 (0.00009)  | 692 | 0.063 (0.30) | -141.44 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.837 | 20.0 | 65 | 0.00009 (0.00009)  | 692 | 0.064 (0.30) | -140.49 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00019 | 0.00000 | 0.837 | 20.0 | 65 | 0.00009 (0.00009)  | 692 | 0.065 (0.30) | -140.39 | 0.00    |

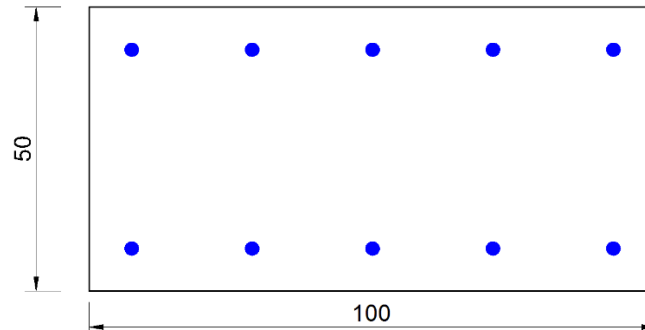
#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.51   | 50.0   | 0.0    | -21.4  | -42.5  | 42.5   | 1300    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm sr max |     | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|--------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00013 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00006 (0.00006)  | 691 | 0.044 (0.20) | -142.86 | 0.00    |

### Sezione O3



**Figura 142 – Sezione implementata in RC-SEC**

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: SPB\_frontale\_O3

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |  |                             |
|----------------|--|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:  | C32/40                      |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.1 MPa                    |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020                      |
|                | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035                      |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo         |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33643.0 MPa                 |
|                | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.03 MPa                    |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00                       |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 19.2 MPa                    |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 19.2 MPa                    |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300 mm                    |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 14.4 MPa                    |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200 mm                    |
| ACCIAIO -      | Tipo:  | B450C                       |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0 MPa                   |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0 MPa                   |
|                | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3 MPa                   |
|                | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3 MPa                   |
|                | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068                       |
|                | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito            |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                        |
|                | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                        |
|                | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                         | 360.00 MPa                  |

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |        |
| N°vertice:           | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | -50.0      | 0.0    |
| 2                    | -50.0      | 50.0   |
| 3                    | 50.0       | 50.0   |
| 4                    | 50.0       | 0.0    |

### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -42.5  | 7.5    | 20        |
| 2       | -42.5  | 42.5   | 20        |
| 3       | 42.5   | 42.5   | 20        |
| 4       | 42.5   | 7.5    | 20        |

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |  |  |  |
|--------------|---|--|--|--|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |  |  |  |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |  |  |  |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |  |  |  |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |  |  |  |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |  |  |  |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 20 |

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |  |  |  |  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |  |  |  |  |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |  |  |  |  |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |  |  |  |  |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x  |  |  |  |  |

| N°Comb. | N      | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|--------|--------|------|------|------|
| 1       | 14.60  | -36.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 11.50  | -33.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | -10.80 | -17.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | -12.60 | -17.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 16.40  | -18.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 6.40   | -17.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 7.90   | -39.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | 22.90  | -39.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | 20.00  | -39.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| 10 | 19.80  | -39.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 22.70  | -66.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | -26.80 | -6.90  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 18.10  | -35.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 17.90  | -35.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx     | My   |
|---------|--------|--------|------|
| 1       | 5.60   | -29.20 | 0.00 |
| 2       | 16.90  | -29.00 | 0.00 |
| 3       | 14.70  | -29.00 | 0.00 |
| 4       | 14.40  | -29.20 | 0.00 |
| 5       | 16.60  | -49.20 | 0.00 |
| 6       | -19.50 | -4.60  | 0.00 |
| 7       | 13.30  | -26.30 | 0.00 |
| 8       | 13.10  | -26.40 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx               | My          |
|---------|-------|------------------|-------------|
| 1       | 7.90  | -26.50 (-147.56) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 14.70 | -26.30 (-151.06) | 0.00 (0.00) |
| 3       | 13.50 | -26.30 (-150.44) | 0.00 (0.00) |
| 4       | 13.20 | -26.50 (-150.23) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx               | My          |
|---------|-------|------------------|-------------|
| 1       | 13.00 | -18.30 (-153.18) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO



|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |
|          | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000                                       |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.                                     |

| N°Comb | Ver | N      | Mx     | My   | N Res  | Mx Res  | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|--------|--------|------|--------|---------|--------|----------|---------|
| 1      | N   | 14.60  | -36.60 | 0.00 | 14.56  | -261.96 | 0.00   | 7.16     | 31.4    |
| 2      | N   | 11.50  | -33.90 | 0.00 | 11.57  | -261.41 | 0.00   | 7.71     | 31.4    |
| 3      | N   | -10.80 | -17.80 | 0.00 | -10.61 | -257.31 | 0.00   | 14.46    | 31.4    |
| 4      | N   | -12.60 | -17.00 | 0.00 | -12.88 | -256.89 | 0.00   | 15.11    | 31.4    |
| 5      | N   | 16.40  | -18.00 | 0.00 | 16.43  | -262.31 | 0.00   | 14.57    | 31.4    |
| 6      | N   | 6.40   | -17.30 | 0.00 | 6.33   | -260.44 | 0.00   | 15.05    | 31.4    |
| 7      | N   | 7.90   | -39.70 | 0.00 | 8.20   | -260.79 | 0.00   | 6.57     | 31.4    |
| 8      | N   | 22.90  | -39.50 | 0.00 | 23.15  | -263.55 | 0.00   | 6.67     | 31.4    |
| 9      | N   | 20.00  | -39.50 | 0.00 | 20.16  | -262.99 | 0.00   | 6.66     | 31.4    |
| 10     | N   | 19.80  | -39.70 | 0.00 | 19.79  | -262.93 | 0.00   | 6.62     | 31.4    |
| 11     | N   | 22.70  | -66.80 | 0.00 | 22.40  | -263.41 | 0.00   | 3.94     | 31.4    |
| 12     | N   | -26.80 | -6.90  | 0.00 | -26.53 | -254.37 | 0.00   | 36.86    | 31.4    |
| 13     | N   | 18.10  | -35.80 | 0.00 | 17.92  | -262.58 | 0.00   | 7.33     | 31.4    |
| 14     | N   | 17.90  | -35.90 | 0.00 | 17.92  | -262.58 | 0.00   | 7.31     | 31.4    |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.143 | -50.0  | 0.0    | -0.00083 | -42.5  | 7.5    | -0.02104 | 42.5   | 42.5   |
| 2      | 0.00350 | 0.142 | -50.0  | 0.0    | -0.00084 | -42.5  | 7.5    | -0.02108 | 42.5   | 42.5   |
| 3      | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00088 | -42.5  | 7.5    | -0.02132 | 42.5   | 42.5   |
| 4      | 0.00350 | 0.141 | -50.0  | 0.0    | -0.00088 | -42.5  | 7.5    | -0.02135 | 42.5   | 42.5   |
| 5      | 0.00350 | 0.143 | -50.0  | 0.0    | -0.00083 | -42.5  | 7.5    | -0.02102 | 42.5   | 42.5   |
| 6      | 0.00350 | 0.142 | -50.0  | 0.0    | -0.00085 | -42.5  | 7.5    | -0.02114 | 42.5   | 42.5   |
| 7      | 0.00350 | 0.142 | -50.0  | 0.0    | -0.00084 | -42.5  | 7.5    | -0.02111 | 42.5   | 42.5   |
| 8      | 0.00350 | 0.143 | -50.0  | 0.0    | -0.00081 | -42.5  | 7.5    | -0.02095 | 42.5   | 42.5   |
| 9      | 0.00350 | 0.143 | -50.0  | 0.0    | -0.00082 | -42.5  | 7.5    | -0.02098 | 42.5   | 42.5   |
| 10     | 0.00350 | 0.143 | -50.0  | 0.0    | -0.00082 | -42.5  | 7.5    | -0.02099 | 42.5   | 42.5   |
| 11     | 0.00350 | 0.143 | -50.0  | 0.0    | -0.00082 | -42.5  | 7.5    | -0.02096 | 42.5   | 42.5   |
| 12     | 0.00350 | 0.140 | -50.0  | 0.0    | -0.00091 | -42.5  | 7.5    | -0.02150 | 42.5   | 42.5   |
| 13     | 0.00350 | 0.143 | -50.0  | 0.0    | -0.00082 | -42.5  | 7.5    | -0.02101 | 42.5   | 42.5   |
| 14     | 0.00350 | 0.143 | -50.0  | 0.0    | -0.00082 | -42.5  | 7.5    | -0.02101 | 42.5   | 42.5   |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a          | b            | c           | x/d   | C.Rid. |
|--------|------------|--------------|-------------|-------|--------|
| 1      | 0.00000000 | -0.000577511 | 0.003500000 | 0.143 | 0.700  |
| 2      | 0.00000000 | -0.000578292 | 0.003500000 | 0.142 | 0.700  |
| 3      | 0.00000000 | -0.000584056 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 4      | 0.00000000 | -0.000584642 | 0.003500000 | 0.141 | 0.700  |
| 5      | 0.00000000 | -0.000577022 | 0.003500000 | 0.143 | 0.700  |
| 6      | 0.00000000 | -0.000579660 | 0.003500000 | 0.142 | 0.700  |
| 7      | 0.00000000 | -0.000579172 | 0.003500000 | 0.142 | 0.700  |
| 8      | 0.00000000 | -0.000575264 | 0.003500000 | 0.143 | 0.700  |
| 9      | 0.00000000 | -0.000576045 | 0.003500000 | 0.143 | 0.700  |
| 10     | 0.00000000 | -0.000576143 | 0.003500000 | 0.143 | 0.700  |
| 11     | 0.00000000 | -0.000575459 | 0.003500000 | 0.143 | 0.700  |
| 12     | 0.00000000 | -0.000588159 | 0.003500000 | 0.140 | 0.700  |
| 13     | 0.00000000 | -0.000576632 | 0.003500000 | 0.143 | 0.700  |
| 14     | 0.00000000 | -0.000576632 | 0.003500000 | 0.143 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.18   | 50.0   | 0.0    | -46.8  | -42.5  | 42.5   | 1300    | 15.7    |
| 2      | S   | 1.18   | 50.0   | 0.0    | -42.9  | -42.5  | 42.5   | 1250    | 15.7    |
| 3      | S   | 1.18   | 50.0   | 0.0    | -43.6  | 21.3   | 42.5   | 1250    | 15.7    |
| 4      | S   | 1.19   | 50.0   | 0.0    | -44.0  | -42.5  | 42.5   | 1250    | 15.7    |
| 5      | S   | 2.00   | 50.0   | 0.0    | -76.6  | 21.3   | 42.5   | 1250    | 15.7    |
| 6      | S   | 0.14   | 50.0   | 0.0    | -14.2  | 21.3   | 42.5   | 1500    | 15.7    |
| 7      | S   | 1.07   | 50.0   | 0.0    | -39.5  | -42.5  | 42.5   | 1250    | 15.7    |
| 8      | S   | 1.07   | 50.0   | 0.0    | -39.8  | -42.5  | 42.5   | 1250    | 15.7    |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                      Esito della verifica  
e2                      Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
k1                      Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                      =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                      Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                      Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm        Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max                Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm}) [(7.8)EC2 \text{ e } (C4.1.7)NTC]$ . Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk             | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|----------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00029 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00014 (0.00014) | 690    | 0.097 (990.00) | -146.17 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00027 | 0.00000 | 0.837 | 20.0 | 65 | 0.00013 (0.00013) | 674    | 0.087 (990.00) | -151.39 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00027 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00013 (0.00013) | 674    | 0.088 (990.00) | -150.35 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00027 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00013 (0.00013) | 674    | 0.089 (990.00) | -150.16 | 0.00    |
| 5     | S   | -0.00048 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00023 (0.00023) | 675    | 0.155 (990.00) | -148.07 | 0.00    |
| 6     | S   | -0.00009 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00004 (0.00004) | 763    | 0.032 (990.00) | -105.11 | 0.00    |
| 7     | S   | -0.00025 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00012 (0.00012) | 674    | 0.080 (990.00) | -150.33 | 0.00    |
| 8     | S   | -0.00025 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00012 (0.00012) | 674    | 0.080 (990.00) | -150.20 | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.08   | 50.0   | 0.0    | -41.6  | -42.5  | 42.5   | 1250    | 15.7    |
| 2      | S   | 1.07   | 50.0   | 0.0    | -39.1  | -42.5  | 42.5   | 1250    | 15.7    |
| 3      | S   | 1.07   | 50.0   | 0.0    | -39.5  | -42.5  | 42.5   | 1250    | 15.7    |
| 4      | S   | 1.08   | 50.0   | 0.0    | -39.9  | 21.3   | 42.5   | 1250    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00026 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00012 (0.00012) | 675    | 0.084 (0.30) | -147.56 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00024 | 0.00000 | 0.837 | 20.0 | 65 | 0.00012 (0.00012) | 674    | 0.079 (0.30) | -151.06 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00025 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00012 (0.00012) | 674    | 0.080 (0.30) | -150.44 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00025 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00012 (0.00012) | 674    | 0.081 (0.30) | -150.23 | 0.00    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.75   | 50.0   | 0.0    | -26.3  | 21.3   | 42.5   | 1250    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00016 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00008 (0.00008) | 673    | 0.053 (0.20) | -153.18 | 0.00    |

### 9.1.1.3 Verifica a taglio

Il taglio sollecitante massimo è ottenuto dalla section-cut V1 e risulta essere:

$$V_{ed} = 122.7 \text{ kN}$$

L'armatura trasversale è costituita da spille  $\emptyset 12$  disposte con passo regolare su tutta l'estensione del muro a formare una maglia 40 x 20 cm. Di seguito si riporta la verifica:

#### Caratteristiche materiali

CIs

|           |       |          |   |
|-----------|-------|----------|---|
| $R_{ck}$  | 40    | $N/mm^2$ | resistenza cubica caratteristica a compressione                   |
| $f_{ck}$  | 33.20 | $N/mm^2$ | resistenza cilindrica caratteristica a compressione               |
| $f_{cm}$  | 41.20 | $N/mm^2$ | resistenza cilindrica media a compressione                        |
| $f_{cd}$  | 22.13 | $N/mm^2$ | resistenza cilindrica di progetto a compressione                  |
| $f_{ctm}$ | 3.10  | $N/mm^2$ | resistenza a trazione media                                       |
| $f_{cfm}$ | 3.72  | $N/mm^2$ | resistenza a trazione media per fessurazione                      |
| $E_{cm}$  | 33643 | $N/mm^2$ | modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ ) |

Acciaio barre longitudinali

|          |       |          |  |
|----------|-------|----------|--|
| $f_{yk}$ | 450   | $N/mm^2$ |  |
| $f_{yd}$ | 391.3 | $N/mm^2$ |  |

Acciaio staffe

|          |       |          |  |
|----------|-------|----------|--|
| $f_{yk}$ | 450   | $N/mm^2$ |  |
| $f_{yd}$ | 391.3 | $N/mm^2$ |  |

Caratteristiche di aderenza delle barre

|          |      |          |                                     |
|----------|------|----------|-------------------------------------|
| $\eta$   | 1.00 |          |                                     |
| $f_{bk}$ | 4.88 | $N/mm^2$ | tensione di aderenza caratteristica |
| $f_{bd}$ | 3.25 | $N/mm^2$ | tensione di aderenza di progetto    |

Calcoli preliminari

|                   |        |                   |  |
|-------------------|--------|-------------------|--|
| $A_{sl}$          | 1570.8 | mm <sup>2</sup>   | area dell'armatura longitudinale                               |
| $\rho_l$          | 0.0037 |                   | rapporto geometrico d'armatura longitudinale                   |
| $\rho_{l,eff}$    | 0.0037 |                   | rapporto considerato nei calcoli                               |
| $\sigma_{cp}$     | 0.000  | N/mm <sup>2</sup> | tensione media di compressione nella sezione                   |
| $\sigma_{cp,eff}$ | 0.000  | N/mm <sup>2</sup> | tensione media considerata nei calcoli                         |
| $A_{sw}$          | 282.7  | mm <sup>2</sup>   | area della singola staffa (è considerato il numero di braccia) |

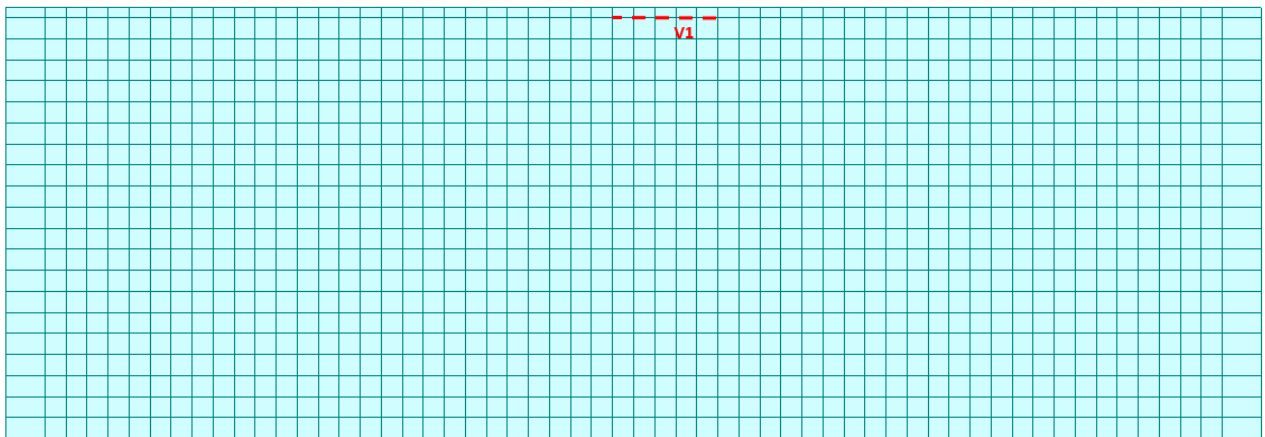
#### Elemento armato a taglio

|             |        |                   |   |
|-------------|--------|-------------------|---|
| $\alpha$    | 1.571  | rad               | inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale                |
| $\theta$    | 0.384  | rad               | inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave |
| $f'_{cd}$   | 11.067 | N/mm <sup>2</sup> | resistenza a compressione ridotta del cls d'anima                 |
| $\alpha_c$  | 1.000  |                   | coefficiente maggiorativo per compressione                        |
| $N_{Rd}$    | 10735  | kN                | sforzo normale di compressione ultimo                             |
| $ctg\alpha$ | 0.00   |                   |   |
| $ctg\theta$ | 2.48   |                   |   |
| $V_{Rsd}$   | 261.9  | kN                | taglio resistente relativo alle armature tese                     |
| $V_{Rcd}$   | 1249.7 | kN<br>kN          | taglio resistente relativo alle bielle compresse                  |
| $V_{Rd}$    | 261.9  | kN                | taglio resistente di calcolo                                      |
| $V_{Ed}$    | 122.7  | kN                | sollecitazione di taglio da calcolo                               |
| $V_{Rd}$    | >      | $V_{Ed}$          |   |
| CS          | 2.14   |                   |   |

## 9.1.2 Trave paraghiaia

### 9.1.2.1 Verifica a presso flessione - Armatura verticale

In figura sono indicate le section-cut considerate per il dimensionamento e la verifica dell'armatura verticale, costituita da barre  $\varnothing 20/20''$  sia internamente che esternamente.



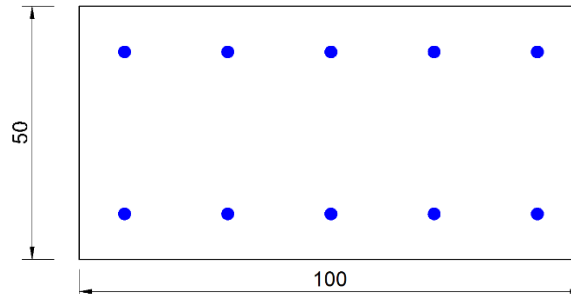
**Figura 143 – Section-cut orizzontali trave paraghiaia**

Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche per tutte le sezioni analizzate e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

| Elemento   | Dir. | SLU/SLV | Rara             |                  | Freq   | Qp               |        | Arm. esterna | Arm. interna |
|------------|------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|--------------|--------------|
|            |      | CS      | $\sigma_s$ (Mpa) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) |              |              |
| Paraghiaia | V1   | 9.20    | -8.30            | 1.30             | 0.018  | 0.26             | 0.080  | 20/200       | 20/200       |

Si esplicita inoltre la verifica della sezione risultata più critica (dimensioni 1.00 x 0.50 m).

## Sezione V1



**Figura 144 – Sezione implementata in RC-SEC**

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: SPA\_paraghiaia\_V1

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                              |  |                             |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -               | Classe:  | C32/40                      |
|                              | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.1 MPa                    |
|                              | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020                      |
|                              | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035                      |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo         |
|                              | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33643.0 MPa                 |
|                              | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.03 MPa                    |
|                              | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00                       |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 19.2 MPa                    |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 19.2 MPa                    |
|                              | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300 mm                    |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 14.4 MPa                    |
|                              | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200 mm                    |
| ACCIAIO -                    | Tipo:  | B450C                       |
|                              | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0 MPa                   |
|                              | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0 MPa                   |
|                              | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3 MPa                   |
|                              | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3 MPa                   |
|                              | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068                       |
|                              | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito            |
|                              | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                        |
|                              | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                        |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 MPa   |                             |

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 50.0   |
| 3          | 50.0   | 50.0   |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -41.0  | 9.0    | 20        |
| 2       | -41.0  | 41.0   | 20        |
| 3       | 41.0   | 41.0   | 20        |
| 4       | 41.0   | 9.0    | 20        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 20 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N      | Mx    | My   | Vy   | Vx   |
|---------|--------|-------|------|------|------|
| 1       | 11.10  | -7.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 10.40  | -7.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 9.80   | -3.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 9.30   | -3.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 10.20  | -3.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 8.60   | -3.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 14.00  | -9.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | 13.80  | -9.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | 13.90  | -9.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10      | 13.90  | -9.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11      | 376.10 | 16.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |



|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| 12 | 348.50 | -34.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 13.60  | -8.10  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 13.60  | -8.10  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N      | Mx     | My   |
|---------|--------|--------|------|
| 1       | 10.40  | -6.70  | 0.00 |
| 2       | 10.20  | -6.70  | 0.00 |
| 3       | 10.30  | -6.70  | 0.00 |
| 4       | 10.30  | -6.70  | 0.00 |
| 5       | 278.60 | 12.00  | 0.00 |
| 6       | 258.20 | -25.60 | 0.00 |
| 7       | 10.10  | -6.00  | 0.00 |
| 8       | 10.10  | -6.00  | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N     | Mx              | My          |
|---------|-------|-----------------|-------------|
| 1       | 10.10 | -6.00 (-164.39) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 10.10 | -6.00 (-164.39) | 0.00 (0.00) |
| 3       | 10.10 | -6.00 (-164.39) | 0.00 (0.00) |
| 4       | 10.10 | -6.00 (-164.39) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx              | My          |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1       | 9.50 | -3.90 (-177.64) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.5 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

| N°Comb | Ver | N      | Mx     | My   | N Res  | Mx Res  | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|--------|--------|------|--------|---------|--------|----------|---------|
| 1      | N   | 11.10  | -7.80  | 0.00 | 11.25  | -259.82 | 0.00   | 33.31    | 31.4    |
| 2      | N   | 10.40  | -7.10  | 0.00 | 10.23  | -259.64 | 0.00   | 36.57    | 31.4    |
| 3      | N   | 9.80   | -3.50  | 0.00 | 9.71   | -259.55 | 0.00   | 74.16    | 31.4    |
| 4      | N   | 9.30   | -3.30  | 0.00 | 9.20   | -259.47 | 0.00   | 78.63    | 31.4    |
| 5      | N   | 10.20  | -3.50  | 0.00 | 10.23  | -259.64 | 0.00   | 74.18    | 31.4    |
| 6      | N   | 8.60   | -3.50  | 0.00 | 8.69   | -259.38 | 0.00   | 74.11    | 31.4    |
| 7      | N   | 14.00  | -9.10  | 0.00 | 13.81  | -260.27 | 0.00   | 28.60    | 31.4    |
| 8      | N   | 13.80  | -9.10  | 0.00 | 13.81  | -260.27 | 0.00   | 28.60    | 31.4    |
| 9      | N   | 13.90  | -9.10  | 0.00 | 13.81  | -260.27 | 0.00   | 28.60    | 31.4    |
| 10     | N   | 13.90  | -9.10  | 0.00 | 13.81  | -260.27 | 0.00   | 28.60    | 31.4    |
| 11     | N   | 376.10 | 16.10  | 0.00 | 376.25 | 322.94  | 0.00   | 20.06    | 31.4    |
| 12     | N   | 348.50 | -34.60 | 0.00 | 348.69 | -318.20 | 0.00   | 9.20     | 31.4    |
| 13     | N   | 13.60  | -8.10  | 0.00 | 13.81  | -260.27 | 0.00   | 32.13    | 31.4    |
| 14     | N   | 13.60  | -8.10  | 0.00 | 13.81  | -260.27 | 0.00   | 32.13    | 31.4    |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01773 | 41.0   | 41.0   |
| 2      | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01774 | 41.0   | 41.0   |
| 3      | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01774 | 41.0   | 41.0   |
| 4      | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01775 | 41.0   | 41.0   |
| 5      | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01774 | 41.0   | 41.0   |
| 6      | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01775 | 41.0   | 41.0   |
| 7      | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01771 | 41.0   | 41.0   |
| 8      | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01771 | 41.0   | 41.0   |
| 9      | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01771 | 41.0   | 41.0   |
| 10     | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01771 | 41.0   | 41.0   |
| 11     | 0.00350 | 0.191 | -50.0  | 50.0   | -0.00051 | -41.0  | 41.0   | -0.01478 | -41.0  | 9.0    |
| 12     | 0.00350 | 0.189 | -50.0  | 0.0    | -0.00056 | -41.0  | 9.0    | -0.01498 | 41.0   | 41.0   |
| 13     | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01771 | 41.0   | 41.0   |
| 14     | 0.00350 | 0.165 | -50.0  | 0.0    | -0.00116 | -41.0  | 9.0    | -0.01771 | 41.0   | 41.0   |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a          | b            | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|------------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.00000000 | -0.000517781 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 2      | 0.00000000 | -0.000517983 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 3      | 0.00000000 | -0.000518085 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 4      | 0.00000000 | -0.000518186 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 5      | 0.00000000 | -0.000517983 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 6      | 0.00000000 | -0.000518288 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 7      | 0.00000000 | -0.000517274 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 8      | 0.00000000 | -0.000517274 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 9      | 0.00000000 | -0.000517274 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 10     | 0.00000000 | -0.000517274 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 11     | 0.00000000 | 0.000445872  | -0.018793601 | 0.191 | 0.700  |
| 12     | 0.00000000 | -0.000450740 | 0.003500000  | 0.189 | 0.700  |
| 13     | 0.00000000 | -0.000517274 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |
| 14     | 0.00000000 | -0.000517274 | 0.003500000  | 0.165 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.29   | 50.0   | 0.0    | -8.3   | -41.0  | 41.0   | 1200    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.29   | 50.0   | 0.0    | -8.3   | -41.0  | 41.0   | 1200    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.29   | -50.0  | 0.0    | -8.3   | 20.5   | 41.0   | 1200    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.29   | -50.0  | 0.0    | -8.3   | 20.5   | 41.0   | 1200    | 15.7    |
| 5      | S   | 0.77   | -50.0  | 50.0   | 5.2    | -41.0  | 9.0    | ---     | ---     |
| 6      | S   | 1.03   | -50.0  | 0.0    | 1.6    | 20.5   | 41.0   | 0       | 0.0     |
| 7      | S   | 0.26   | 50.0   | 0.0    | -7.2   | 20.5   | 41.0   | 1200    | 15.7    |
| 8      | S   | 0.26   | 50.0   | 0.0    | -7.2   | 20.5   | 41.0   | 1200    | 15.7    |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                      Esito della verifica  
e2                      Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
k1                      Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                      =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                      Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                      Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm        Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max                Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf   | e sm - e cm sr max |      | wk             | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|------|--------------------|------|----------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00006 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 80   | 0.00002 (0.00002)  | 706  | 0.017 (990.00) | -162.28 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00006 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 80   | 0.00002 (0.00002)  | 706  | 0.018 (990.00) | -161.80 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00006 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 80   | 0.00002 (0.00002)  | 706  | 0.018 (990.00) | -162.04 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00006 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 80   | 0.00002 (0.00002)  | 706  | 0.018 (990.00) | -162.04 | 0.00    |
| 5     | S   | 0.00000  | 0.00000 | ----  | ---- | ---- | ----               | ---- | 0.000 (990.00) | 0.00    | 0.00    |
| 6     | S   | -0.00001 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 80   | 0.00002 (0.00002)  | 0    | 0.001 (990.00) | -985.51 | 0.00    |
| 7     | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80   | 0.00002 (0.00002)  | 705  | 0.015 (990.00) | -164.39 | 0.00    |
| 8     | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80   | 0.00002 (0.00002)  | 705  | 0.015 (990.00) | -164.39 | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.26   | 50.0   | 0.0    | -7.2   | 20.5   | 41.0   | 1200    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.26   | 50.0   | 0.0    | -7.2   | 20.5   | 41.0   | 1200    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.26   | 50.0   | 0.0    | -7.2   | 20.5   | 41.0   | 1200    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.26   | 50.0   | 0.0    | -7.2   | 20.5   | 41.0   | 1200    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm sr max |     | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|--------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00002 (0.00002)  | 705 | 0.015 (0.30) | -164.39 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00002 (0.00002)  | 705 | 0.015 (0.30) | -164.39 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00002 (0.00002)  | 705 | 0.015 (0.30) | -164.39 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00005 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 80 | 0.00002 (0.00002)  | 705 | 0.015 (0.30) | -164.39 | 0.00    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.17   | 50.0   | 0.0    | -3.8   | 20.5   | 41.0   | 1100    | 15.7    |

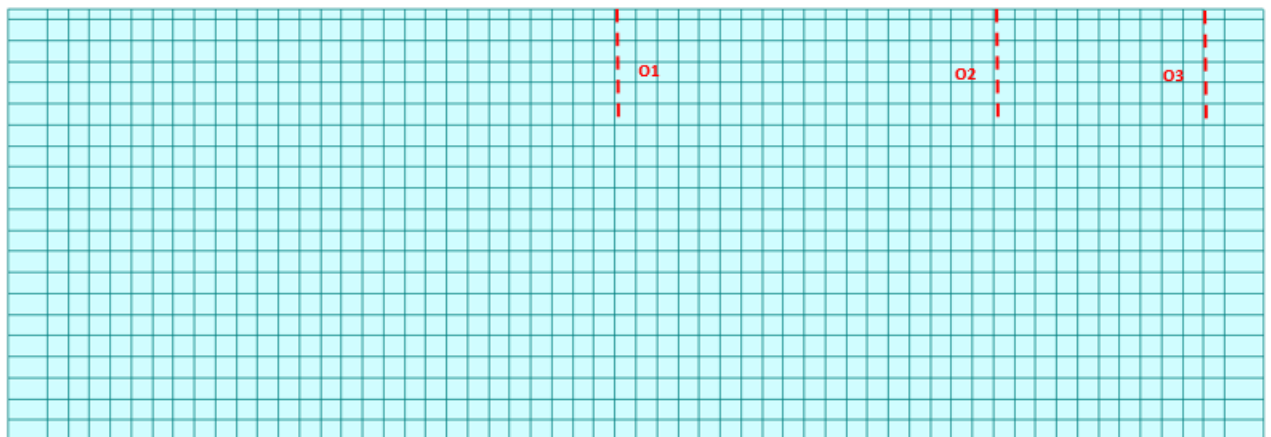
#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm sr max |     | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|--------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00003 | 0.00000 | 0.840 | 20.0 | 80 | 0.00001 (0.00001)  | 672 | 0.008 (0.20) | -177.64 | 0.00    |

### 9.1.2.2 Verifica a presso flessione - Armatura orizzontale

In figura sono indicate le section-cut considerate per il dimensionamento e la verifica dell'armatura orizzontale: nella fascia centrale per uno sviluppo di 4.00 m e ad un'altezza che va dai 3.10 m ai 4.10 m del muro frontale, l'armatura è costituita da barre  $\varnothing 20/20''$  internamente e  $\varnothing 20/10''$  esternamente.

Nella zona all'attacco con il muro andatore per uno sviluppo di 2.00 m e per un'altezza che va dai 3.10 m ai 4.10 m l'armatura interna del muro paraghiaia è composta da  $\varnothing 20/10''$  e  $\varnothing 20/20''$  esternamente; per la zona rimanente (sezione O2) l'armatura è simmetrica e costituita da  $\varnothing 20/20''$ .



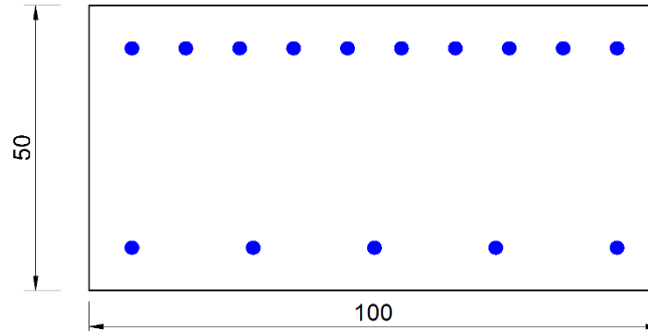
**Figura 145 – Section-cut verticali trave paraghiaia**

Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche per tutte le sezioni analizzate e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

| Elemento   | Dir. | SLU/SLV | Rara             |                  | Freq   | Qp               |        | Arm. esterna | Arm. interna |
|------------|------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|--------------|--------------|
|            |      | CS      | $\sigma_s$ (Mpa) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) |              |              |
| Paraghiaia | O1   | 1.85    | -171.10          | 5.56             | 0.090  | 1.34             | 0.055  | 20/100       | 20/200       |
|            | O2   | 7.41    | -65.56           | 0.42             | 0.132  | 0.48             | 0.077  | 20/200       | 20/200       |
|            | O3   | 3.27    | -101.15          | 3.23             | 0.083  | 1.28             | 0.054  | 20/200       | 20/100       |

Si esplicitano le verifiche delle sezioni risultate più critiche di dimensioni 1.00 x 0.50 m.

Sezione O1



**Figura 146 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: SPA\_paraghiaia\_O1**

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                                      |  |                             |
|--------------------------------------|--|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -                       | Classe:  | C32/40                      |
|                                      | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.1 MPa                    |
|                                      | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020                      |
|                                      | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035                      |
|                                      | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo         |
|                                      | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33643.0 MPa                 |
|                                      | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.03 MPa                    |
|                                      | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00                       |
|                                      | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 19.2 MPa                    |
|                                      | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 19.2 MPa                    |
|                                      | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300 mm                    |
|                                      | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 14.4 MPa                    |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm   |                             |
| ACCIAIO -                            | Tipo:  | B450C                       |
|                                      | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0 MPa                   |
|                                      | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0 MPa                   |
|                                      | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3 MPa                   |
|                                      | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3 MPa                   |
|                                      | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068                       |
|                                      | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|                                      | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito            |
|                                      | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                        |
|                                      | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                        |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare:         | 360.00 MPa   |                             |

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 50.0   |
| 3          | 50.0   | 50.0   |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -42.5  | 7.5    | 20        |
| 2       | -42.5  | 42.5   | 20        |
| 3       | 42.5   | 42.5   | 20        |
| 4       | 42.5   | 7.5    | 20        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 8       | 20 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N       | Mx      | My   | Vy   | Vx   |
|---------|---------|---------|------|------|------|
| 1       | -88.40  | -96.90  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | -85.80  | -90.20  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | -58.60  | -45.10  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | -59.90  | -43.20  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | -21.40  | -45.20  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | -36.30  | -43.90  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | -95.20  | -102.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | -64.40  | -100.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9       | -69.90  | -101.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10      | -72.70  | -101.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11      | -108.00 | -251.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| 12 | -12.30 | 58.80  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | -62.80 | -91.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | -64.40 | -91.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx      | My   |
|---------|--------|---------|------|
| 1       | -70.80 | -75.50  | 0.00 |
| 2       | -46.80 | -74.00  | 0.00 |
| 3       | -50.90 | -74.10  | 0.00 |
| 4       | -54.10 | -74.80  | 0.00 |
| 5       | -79.60 | -186.00 | 0.00 |
| 6       | -5.10  | 44.80   | 0.00 |
| 7       | -45.60 | -66.70  | 0.00 |
| 8       | -47.40 | -67.00  | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx               | My          |
|---------|--------|------------------|-------------|
| 1       | -58.00 | -67.60 (-146.20) | 0.00 (0.00) |
| 2       | -43.60 | -66.70 (-148.56) | 0.00 (0.00) |
| 3       | -45.90 | -66.80 (-148.17) | 0.00 (0.00) |
| 4       | -47.90 | -67.20 (-147.87) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx               | My          |
|---------|--------|------------------|-------------|
| 1       | -24.60 | -44.40 (-149.74) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

|  |        |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 6.5 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 7.4 cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO



Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa.

| N°Comb | Ver | N       | Mx      | My   | N Res   | Mx Res  | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|---------|---------|------|---------|---------|--------|----------|---------|
| 1      | N   | -88.40  | -96.90  | 0.00 | -88.36  | -463.24 | 0.00   | 4.99     | 31.4    |
| 2      | N   | -85.80  | -90.20  | 0.00 | -85.66  | -463.73 | 0.00   | 5.38     | 31.4    |
| 3      | S   | -58.60  | -45.10  | 0.00 | -58.88  | -468.57 | 0.00   | 11.16    | 31.4    |
| 4      | S   | -59.90  | -43.20  | 0.00 | -59.76  | -468.41 | 0.00   | 11.71    | 31.4    |
| 5      | S   | -21.40  | -45.20  | 0.00 | -21.50  | -475.29 | 0.00   | 10.79    | 31.4    |
| 6      | S   | -36.30  | -43.90  | 0.00 | -36.11  | -472.67 | 0.00   | 11.26    | 31.4    |
| 7      | N   | -95.20  | -102.60 | 0.00 | -95.12  | -462.01 | 0.00   | 4.70     | 31.4    |
| 8      | S   | -64.40  | -100.80 | 0.00 | -64.20  | -467.61 | 0.00   | 4.78     | 31.4    |
| 9      | N   | -69.90  | -101.10 | 0.00 | -69.99  | -466.56 | 0.00   | 4.77     | 31.4    |
| 10     | N   | -72.70  | -101.60 | 0.00 | -72.67  | -466.08 | 0.00   | 4.74     | 31.4    |
| 11     | N   | -108.00 | -251.90 | 0.00 | -108.28 | -459.63 | 0.00   | 1.85     | 31.4    |
| 12     | N   | -12.30  | 58.80   | 0.00 | -12.39  | 258.62  | 0.00   | 4.36     | 47.1    |
| 13     | S   | -62.80  | -91.00  | 0.00 | -62.87  | -467.85 | 0.00   | 5.31     | 31.4    |
| 14     | S   | -64.40  | -91.30  | 0.00 | -64.20  | -467.61 | 0.00   | 5.30     | 31.4    |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.180 | -50.0  | 0.0    | 0.00006  | -42.5  | 7.5    | -0.01597 | 42.5   | 42.5   |
| 2      | 0.00350 | 0.180 | -50.0  | 0.0    | 0.00007  | -42.5  | 7.5    | -0.01595 | 42.5   | 42.5   |
| 3      | 0.00350 | 0.182 | -50.0  | 0.0    | 0.00011  | -42.5  | 7.5    | -0.01570 | 42.5   | 42.5   |
| 4      | 0.00350 | 0.182 | -50.0  | 0.0    | 0.00011  | -42.5  | 7.5    | -0.01571 | 42.5   | 42.5   |
| 5      | 0.00350 | 0.185 | -50.0  | 0.0    | 0.00017  | -42.5  | 7.5    | -0.01539 | 42.5   | 42.5   |
| 6      | 0.00350 | 0.184 | -50.0  | 0.0    | 0.00014  | -42.5  | 7.5    | -0.01551 | 42.5   | 42.5   |
| 7      | 0.00350 | 0.179 | -50.0  | 0.0    | 0.00005  | -42.5  | 7.5    | -0.01604 | 42.5   | 42.5   |
| 8      | 0.00350 | 0.182 | -50.0  | 0.0    | 0.00010  | -42.5  | 7.5    | -0.01575 | 42.5   | 42.5   |
| 9      | 0.00350 | 0.181 | -50.0  | 0.0    | 0.00009  | -42.5  | 7.5    | -0.01580 | 42.5   | 42.5   |
| 10     | 0.00350 | 0.181 | -50.0  | 0.0    | 0.00009  | -42.5  | 7.5    | -0.01583 | 42.5   | 42.5   |
| 11     | 0.00350 | 0.178 | -50.0  | 0.0    | 0.00003  | -42.5  | 7.5    | -0.01616 | 42.5   | 42.5   |
| 12     | 0.00350 | 0.152 | 50.0   | 50.0   | -0.00056 | 42.5   | 42.5   | -0.01948 | -42.5  | 7.5    |
| 13     | 0.00350 | 0.182 | -50.0  | 0.0    | 0.00011  | -42.5  | 7.5    | -0.01574 | 42.5   | 42.5   |
| 14     | 0.00350 | 0.182 | -50.0  | 0.0    | 0.00010  | -42.5  | 7.5    | -0.01575 | 42.5   | 42.5   |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a           | b            | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | -0.000458229 | 0.003500000  | 0.180 | 0.700  |
| 2      | 0.000000000 | -0.000457642 | 0.003500000  | 0.180 | 0.700  |
| 3      | 0.000000000 | -0.000451781 | 0.003500000  | 0.182 | 0.700  |
| 4      | 0.000000000 | -0.000451976 | 0.003500000  | 0.182 | 0.700  |
| 5      | 0.000000000 | -0.000444552 | 0.003500000  | 0.185 | 0.700  |
| 6      | 0.000000000 | -0.000447385 | 0.003500000  | 0.184 | 0.700  |
| 7      | 0.000000000 | -0.000459694 | 0.003500000  | 0.179 | 0.700  |
| 8      | 0.000000000 | -0.000452953 | 0.003500000  | 0.182 | 0.700  |
| 9      | 0.000000000 | -0.000454223 | 0.003500000  | 0.181 | 0.700  |
| 10     | 0.000000000 | -0.000454809 | 0.003500000  | 0.181 | 0.700  |
| 11     | 0.000000000 | -0.000462527 | 0.003500000  | 0.178 | 0.700  |
| 12     | 0.000000000 | 0.000540681  | -0.023534040 | 0.152 | 0.700  |
| 13     | 0.000000000 | -0.000452660 | 0.003500000  | 0.182 | 0.700  |
| 14     | 0.000000000 | -0.000452953 | 0.003500000  | 0.182 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.23   | 50.0   | 0.0    | -75.8  | 23.6   | 42.5   | 1250    | 31.4    |
| 2      | S   | 2.22   | -50.0  | 0.0    | -70.7  | 33.1   | 42.5   | 1200    | 31.4    |
| 3      | S   | 2.22   | 50.0   | 0.0    | -71.4  | -33.1  | 42.5   | 1200    | 31.4    |
| 4      | S   | 2.24   | 50.0   | 0.0    | -72.5  | -33.1  | 42.5   | 1200    | 31.4    |
| 5      | S   | 5.66   | 50.0   | 0.0    | -171.7 | -23.6  | 42.5   | 1200    | 31.4    |
| 6      | S   | 1.71   | -50.0  | 50.0   | -76.6  | -42.5  | 7.5    | 1300    | 15.7    |
| 7      | S   | 2.00   | 50.0   | 0.0    | -64.2  | 33.1   | 42.5   | 1200    | 31.4    |
| 8      | S   | 2.01   | 50.0   | 0.0    | -64.8  | -33.1  | 42.5   | 1200    | 31.4    |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                      Esito della verifica  
e2                      Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
k1                      Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                      =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                      Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                      Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm        Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max                Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm}) [(7.8)EC2 \text{ e } (C4.1.7)NTC]$ . Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max             | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------------------|----|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00048 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00023 (0.00023) | 447 0.102 (990.00) |    | -145.29 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00045 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00021 (0.00021) | 439 0.093 (990.00) |    | -148.81 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00045 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00021 (0.00021) | 439 0.094 (990.00) |    | -148.17 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00046 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00022 (0.00022) | 439 0.095 (990.00) |    | -147.74 | 0.00    |
| 5     | S   | -0.00108 | 0.00000 | 0.837 | 20.0 | 65 | 0.00051 (0.00051) | 438 0.226 (990.00) |    | -151.26 | 0.00    |
| 6     | S   | -0.00047 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00023 (0.00023) | 693 0.159 (990.00) |    | 146.31  | 0.00    |
| 7     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.085 (990.00) |    | -148.21 | 0.00    |
| 8     | S   | -0.00041 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.085 (990.00) |    | -147.93 | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.01   | 50.0   | 0.0    | -67.0  | 33.1   | 42.5   | 1250    | 31.4    |
| 2      | S   | 2.00   | -50.0  | 0.0    | -63.9  | 33.1   | 42.5   | 1200    | 31.4    |
| 3      | S   | 2.00   | 50.0   | 0.0    | -64.4  | -33.1  | 42.5   | 1200    | 31.4    |
| 4      | S   | 2.01   | 50.0   | 0.0    | -65.0  | 33.1   | 42.5   | 1200    | 31.4    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max           | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|------------------|----|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00042 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00020 (0.00020) | 447 0.090 (0.30) |    | -146.20 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.084 (0.30) |    | -148.56 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00041 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.085 (0.30) |    | -148.17 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00041 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00020 (0.00020) | 439 0.086 (0.30) |    | -147.87 | 0.00    |

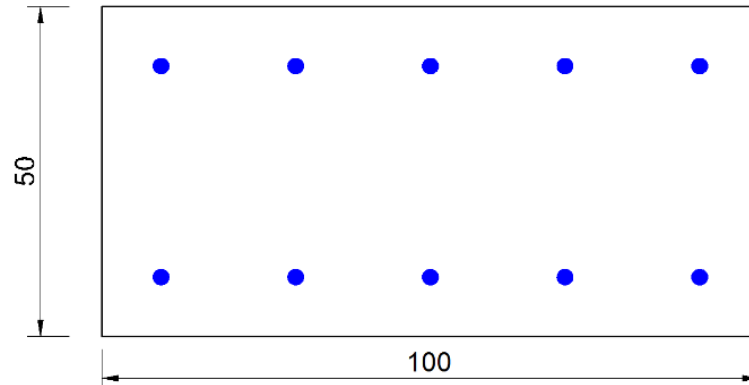
#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.34   | 50.0   | 0.0    | -41.9  | -23.6  | 42.5   | 1200    | 31.4    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max           | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|------------------|----|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00026 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00013 (0.00013) | 439 0.055 (0.20) |    | -149.74 | 0.00    |

Sezione O2



**Figura 147 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: SPB\_paraghiaia\_O2**

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inertia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|  |   |                             |
|--|---|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -                                 | Classe:                                   | C32/40                      |
|  | Resis. compr. di progetto fcd:            | 18.1 MPa                    |
|  | Def.unit. max resistenza ec2:             | 0.0020                      |
|  | Def.unit. ultima ecu:                     | 0.0035                      |
|  | Diagramma tensione-deformaz.:             | Parabola-Rettangolo         |
|  | Modulo Elastico Normale Ec:               | 33643.0 MPa                 |
|  | Resis. media a trazione fctm:             | 3.03 MPa                    |
|  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00                       |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Rare:              | 19.2 MPa                    |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 19.2 MPa                    |
|  | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300 mm                    |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 14.4 MPa                    |
|  | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.200 mm                    |
| ACCIAIO -                                      | Tipo:                                     | B450C                       |
|  | Resist. caratt. snervam. fyk:             | 450.0 MPa                   |
|  | Resist. caratt. rottura ftk:              | 450.0 MPa                   |
|  | Resist. snerv. di progetto fyd:           | 391.3 MPa                   |
|  | Resist. ultima di progetto ftd:           | 391.3 MPa                   |
|  | Deform. ultima di progetto Epu:           | 0.068                       |
|  | Modulo Elastico Ef                        | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|  | Diagramma tensione-deformaz.:             | Bilineare finito            |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ : | 1.00                                      |                             |

Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 50.0   |
| 3          | 50.0   | 50.0   |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -42.5  | 7.5    | 20        |
| 2       | -42.5  | 42.5   | 20        |
| 3       | 42.5   | 42.5   | 20        |
| 4       | 42.5   | 7.5    | 20        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 20 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N       | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|---------|--------|------|------|------|
| 1       | -111.70 | -32.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | -108.00 | -29.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | -138.50 | 3.70   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | -136.50 | 3.70   | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | -58.10  | -10.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | -65.20  | -10.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | -111.50 | -32.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |         |        |      |      |      |
|----|---------|--------|------|------|------|
| 8  | -94.70  | -31.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9  | -98.70  | -31.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | -95.80  | -32.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | -143.10 | -24.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | -50.20  | -33.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | -87.40  | -28.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | -88.90  | -28.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N       | Mx     | My   |
|---------|---------|--------|------|
| 1       | -82.60  | -24.20 | 0.00 |
| 2       | -69.00  | -23.30 | 0.00 |
| 3       | -72.00  | -23.30 | 0.00 |
| 4       | -71.00  | -24.00 | 0.00 |
| 5       | -105.30 | -18.10 | 0.00 |
| 6       | -33.00  | -24.10 | 0.00 |
| 7       | -63.70  | -20.90 | 0.00 |
| 8       | -65.30  | -21.10 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx               | My          |
|---------|--------|------------------|-------------|
| 1       | -70.70 | -21.40 (-111.73) | 0.00 (0.00) |
| 2       | -62.60 | -20.90 (-114.11) | 0.00 (0.00) |
| 3       | -64.30 | -20.90 (-113.47) | 0.00 (0.00) |
| 4       | -65.10 | -21.20 (-113.52) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx               | My          |
|---------|--------|------------------|-------------|
| 1       | -38.20 | -13.60 (-115.59) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.   |

| N°Comb | Ver | N       | Mx     | My   | N Res   | Mx Res  | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|---------|--------|------|---------|---------|--------|----------|---------|
| 1      | N   | -111.70 | -32.20 | 0.00 | -111.73 | -238.59 | 0.00   | 7.41     | 31.4    |
| 2      | N   | -108.00 | -29.70 | 0.00 | -107.97 | -239.28 | 0.00   | 8.06     | 31.4    |
| 3      | N   | -138.50 | 3.70   | 0.00 | -138.52 | 233.64  | 0.00   | 63.15    | 31.4    |
| 4      | N   | -136.50 | 3.70   | 0.00 | -136.45 | 234.02  | 0.00   | 63.25    | 31.4    |
| 5      | N   | -58.10  | -10.30 | 0.00 | -57.89  | -248.56 | 0.00   | 24.13    | 31.4    |
| 6      | N   | -65.20  | -10.00 | 0.00 | -65.21  | -247.21 | 0.00   | 24.72    | 31.4    |
| 7      | N   | -111.50 | -32.80 | 0.00 | -111.73 | -238.59 | 0.00   | 7.27     | 31.4    |
| 8      | N   | -94.70  | -31.80 | 0.00 | -94.71  | -241.74 | 0.00   | 7.60     | 31.4    |
| 9      | N   | -98.70  | -31.80 | 0.00 | -98.61  | -241.02 | 0.00   | 7.58     | 31.4    |
| 10     | N   | -95.80  | -32.50 | 0.00 | -95.88  | -241.52 | 0.00   | 7.43     | 31.4    |
| 11     | N   | -143.10 | -24.80 | 0.00 | -143.36 | -232.75 | 0.00   | 9.38     | 31.4    |
| 12     | N   | -50.20  | -33.40 | 0.00 | -50.20  | -249.99 | 0.00   | 7.48     | 31.4    |
| 13     | N   | -87.40  | -28.60 | 0.00 | -87.30  | -243.11 | 0.00   | 8.50     | 31.4    |
| 14     | N   | -88.90  | -28.80 | 0.00 | -88.86  | -242.82 | 0.00   | 8.43     | 31.4    |

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.135 | -50.0  | 0.0    | -0.00107 | -42.5  | 7.5    | -0.02242 | 42.5   | 42.5   |
| 2      | 0.00350 | 0.135 | -50.0  | 0.0    | -0.00107 | -42.5  | 7.5    | -0.02237 | 42.5   | 42.5   |
| 3      | 0.00350 | 0.133 | -50.0  | 50.0   | -0.00113 | -42.5  | 42.5   | -0.02274 | -42.5  | 7.5    |
| 4      | 0.00350 | 0.133 | -50.0  | 50.0   | -0.00113 | -42.5  | 42.5   | -0.02272 | -42.5  | 7.5    |
| 5      | 0.00350 | 0.138 | -50.0  | 0.0    | -0.00097 | -42.5  | 7.5    | -0.02184 | 42.5   | 42.5   |
| 6      | 0.00350 | 0.138 | -50.0  | 0.0    | -0.00099 | -42.5  | 7.5    | -0.02192 | 42.5   | 42.5   |
| 7      | 0.00350 | 0.135 | -50.0  | 0.0    | -0.00107 | -42.5  | 7.5    | -0.02242 | 42.5   | 42.5   |
| 8      | 0.00350 | 0.136 | -50.0  | 0.0    | -0.00104 | -42.5  | 7.5    | -0.02223 | 42.5   | 42.5   |
| 9      | 0.00350 | 0.136 | -50.0  | 0.0    | -0.00105 | -42.5  | 7.5    | -0.02227 | 42.5   | 42.5   |
| 10     | 0.00350 | 0.136 | -50.0  | 0.0    | -0.00104 | -42.5  | 7.5    | -0.02224 | 42.5   | 42.5   |
| 11     | 0.00350 | 0.133 | -50.0  | 0.0    | -0.00114 | -42.5  | 7.5    | -0.02280 | 42.5   | 42.5   |
| 12     | 0.00350 | 0.139 | -50.0  | 0.0    | -0.00096 | -42.5  | 7.5    | -0.02175 | 42.5   | 42.5   |
| 13     | 0.00350 | 0.136 | -50.0  | 0.0    | -0.00103 | -42.5  | 7.5    | -0.02215 | 42.5   | 42.5   |
| 14     | 0.00350 | 0.136 | -50.0  | 0.0    | -0.00103 | -42.5  | 7.5    | -0.02217 | 42.5   | 42.5   |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a          | b            | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|------------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.00000000 | -0.000609847 | 0.003500000  | 0.135 | 0.700  |
| 2      | 0.00000000 | -0.000608772 | 0.003500000  | 0.135 | 0.700  |
| 3      | 0.00000000 | 0.000617467  | -0.027373341 | 0.133 | 0.700  |
| 4      | 0.00000000 | 0.000616881  | -0.027344034 | 0.133 | 0.700  |
| 5      | 0.00000000 | -0.000596170 | 0.003500000  | 0.138 | 0.700  |
| 6      | 0.00000000 | -0.000598026 | 0.003500000  | 0.138 | 0.700  |
| 7      | 0.00000000 | -0.000609847 | 0.003500000  | 0.135 | 0.700  |
| 8      | 0.00000000 | -0.000605451 | 0.003500000  | 0.136 | 0.700  |
| 9      | 0.00000000 | -0.000606428 | 0.003500000  | 0.136 | 0.700  |
| 10     | 0.00000000 | -0.000605744 | 0.003500000  | 0.136 | 0.700  |
| 11     | 0.00000000 | -0.000618835 | 0.003500000  | 0.133 | 0.700  |
| 12     | 0.00000000 | -0.000594216 | 0.003500000  | 0.139 | 0.700  |
| 13     | 0.00000000 | -0.000603595 | 0.003500000  | 0.136 | 0.700  |
| 14     | 0.00000000 | -0.000603985 | 0.003500000  | 0.136 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.82   | 50.0   | 0.0    | -67.7  | 21.3   | 42.5   | 1450    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.82   | 50.0   | 0.0    | -61.6  | 21.3   | 42.5   | 1450    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.81   | 50.0   | 0.0    | -62.6  | 0.0    | 42.5   | 1450    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.84   | 50.0   | 0.0    | -63.5  | 0.0    | 42.5   | 1450    | 15.7    |
| 5      | S   | 0.42   | 50.0   | 0.0    | -65.6  | 0.0    | 42.5   | 1550    | 15.7    |
| 6      | S   | 0.93   | 50.0   | 0.0    | -50.9  | 21.3   | 42.5   | 1350    | 15.7    |
| 7      | S   | 0.73   | 50.0   | 0.0    | -55.9  | 21.3   | 42.5   | 1450    | 15.7    |
| 8      | S   | 0.73   | 50.0   | 0.0    | -56.8  | 0.0    | 42.5   | 1450    | 15.7    |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                      Esito della verifica  
e2                      Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
k1                      Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                      =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                      Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                      Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa



e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max             | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------------------|----|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00041 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00020 (0.00020) | 746 0.152 (990.00) |    | -110.92 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00037 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00018 (0.00018) | 745 0.138 (990.00) |    | -114.37 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00038 | 0.00000 | 0.835 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 745 0.140 (990.00) |    | -113.37 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00038 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 745 0.142 (990.00) |    | -114.40 | 0.00    |
| 5     | S   | -0.00039 | 0.00000 | 0.835 | 20.0 | 65 | 0.00020 (0.00020) | 781 0.154 (990.00) |    | -95.55  | 0.00    |
| 6     | S   | -0.00031 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00015 (0.00015) | 711 0.108 (990.00) |    | -128.49 | 0.00    |
| 7     | S   | -0.00034 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00017 (0.00017) | 745 0.125 (990.00) |    | -113.70 | 0.00    |
| 8     | S   | -0.00034 | 0.00000 | 0.835 | 20.0 | 65 | 0.00017 (0.00017) | 745 0.127 (990.00) |    | -113.33 | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.73   | 50.0   | 0.0    | -59.1  | -21.3  | 42.5   | 1450    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.73   | 50.0   | 0.0    | -55.5  | -21.3  | 42.5   | 1450    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.73   | 50.0   | 0.0    | -56.1  | -42.5  | 42.5   | 1450    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.74   | 50.0   | 0.0    | -56.9  | 21.3   | 42.5   | 1450    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max           | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|------------------|----|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00036 | 0.00000 | 0.836 | 20.0 | 65 | 0.00018 (0.00018) | 746 0.132 (0.30) |    | -111.73 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00034 | 0.00000 | 0.834 | 20.0 | 65 | 0.00017 (0.00017) | 745 0.124 (0.30) |    | -114.11 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00034 | 0.00000 | 0.835 | 20.0 | 65 | 0.00017 (0.00017) | 745 0.125 (0.30) |    | -113.47 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00034 | 0.00000 | 0.835 | 20.0 | 65 | 0.00017 (0.00017) | 745 0.127 (0.30) |    | -113.52 | 0.00    |

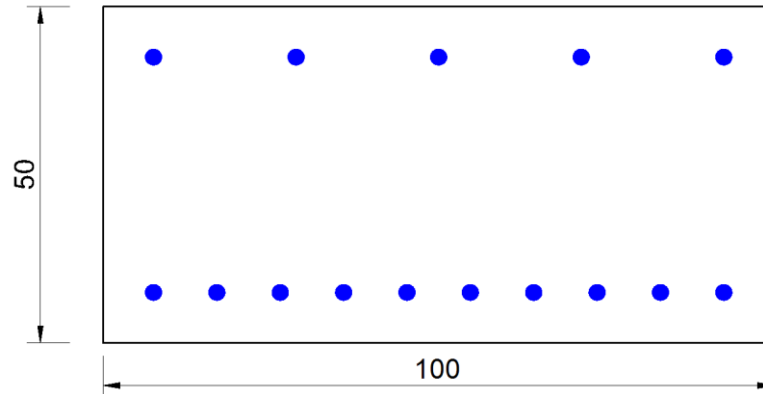
#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.48   | 50.0   | 0.0    | -35.3  | 21.3   | 42.5   | 1400    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max           | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|------------------|----|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00021 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00011 (0.00011) | 730 0.077 (0.20) |    | -115.59 | 0.00    |

Sezione O3



**Figura 148 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: SPB\_paraghiaia\_O3**

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|  |   |                             |
|--|---|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -                                 | Classe:                                   | C32/40                      |
|  | Resis. compr. di progetto fcd:            | 18.1 MPa                    |
|  | Def.unit. max resistenza ec2:             | 0.0020                      |
|  | Def.unit. ultima ecu:                     | 0.0035                      |
|  | Diagramma tensione-deformaz.:             | Parabola-Rettangolo         |
|  | Modulo Elastico Normale Ec:               | 33643.0 MPa                 |
|  | Resis. media a trazione fctm:             | 3.03 MPa                    |
|  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00                       |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Rare:              | 19.2 MPa                    |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 19.2 MPa                    |
|  | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300 mm                    |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 14.4 MPa                    |
|  | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.200 mm                    |
| ACCIAIO -                                      | Tipo:                                     | B450C                       |
|  | Resist. caratt. snervam. fyk:             | 450.0 MPa                   |
|  | Resist. caratt. rottura ftk:              | 450.0 MPa                   |
|  | Resist. snerv. di progetto fyd:           | 391.3 MPa                   |
|  | Resist. ultima di progetto ftd:           | 391.3 MPa                   |
|  | Deform. ultima di progetto Epu:           | 0.068                       |
|  | Modulo Elastico Ef                        | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|  | Diagramma tensione-deformaz.:             | Bilineare finito            |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ : | 1.00                                      |                             |

Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 50.0   |
| 3          | 50.0   | 50.0   |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -42.5  | 7.5    | 20        |
| 2       | -42.5  | 42.5   | 20        |
| 3       | 42.5   | 42.5   | 20        |
| 4       | 42.5   | 7.5    | 20        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 8       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 20 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N       | Mx    | My   | Vy   | Vx   |
|---------|---------|-------|------|------|------|
| 1       | -69.90  | 89.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | -68.00  | 84.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | -146.60 | 83.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | -143.30 | 80.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | -56.80  | 52.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | -56.70  | 50.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | -76.50  | 98.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| 8  | -74.40 | 98.30  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9  | -75.00 | 98.40  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | -74.40 | 97.60  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | -83.20 | 145.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | -53.70 | 30.80  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | -66.20 | 88.30  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | -66.40 | 88.30  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx     | My   |
|---------|--------|--------|------|
| 1       | -56.30 | 72.10  | 0.00 |
| 2       | -54.50 | 72.20  | 0.00 |
| 3       | -54.90 | 72.30  | 0.00 |
| 4       | -54.60 | 71.70  | 0.00 |
| 5       | -61.10 | 107.00 | 0.00 |
| 6       | -38.60 | 22.20  | 0.00 |
| 7       | -48.40 | 64.80  | 0.00 |
| 8       | -48.70 | 64.80  | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx             | My          |
|---------|--------|----------------|-------------|
| 1       | -49.30 | 64.70 (147.30) | 0.00 (0.00) |
| 2       | -48.30 | 64.80 (147.49) | 0.00 (0.00) |
| 3       | -48.50 | 64.90 (147.47) | 0.00 (0.00) |
| 4       | -48.60 | 64.70 (147.42) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx             | My          |
|---------|--------|----------------|-------------|
| 1       | -29.00 | 42.60 (148.24) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.   |

| N°Comb | Ver | N       | Mx     | My   | N Res   | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|---------|--------|------|---------|--------|--------|----------|---------|
| 1      | N   | -69.90  | 89.70  | 0.00 | -69.99  | 466.56 | 0.00   | 5.40     | 31.4    |
| 2      | N   | -68.00  | 84.40  | 0.00 | -67.76  | 466.97 | 0.00   | 5.76     | 31.4    |
| 3      | N   | -146.60 | 83.40  | 0.00 | -146.44 | 452.71 | 0.00   | 5.93     | 31.4    |
| 4      | N   | -143.30 | 80.50  | 0.00 | -143.19 | 453.30 | 0.00   | 6.17     | 31.4    |
| 5      | S   | -56.80  | 52.50  | 0.00 | -56.95  | 468.92 | 0.00   | 9.47     | 31.4    |
| 6      | S   | -56.70  | 50.70  | 0.00 | -56.95  | 468.92 | 0.00   | 9.82     | 31.4    |
| 7      | N   | -76.50  | 98.10  | 0.00 | -76.69  | 465.35 | 0.00   | 4.92     | 31.4    |
| 8      | N   | -74.40  | 98.30  | 0.00 | -74.45  | 465.75 | 0.00   | 4.91     | 31.4    |
| 9      | N   | -75.00  | 98.40  | 0.00 | -74.90  | 465.67 | 0.00   | 4.91     | 31.4    |
| 10     | N   | -74.40  | 97.60  | 0.00 | -74.45  | 465.75 | 0.00   | 4.95     | 31.4    |
| 11     | N   | -83.20  | 145.30 | 0.00 | -82.96  | 464.21 | 0.00   | 3.27     | 31.4    |
| 12     | S   | -53.70  | 30.80  | 0.00 | -53.89  | 469.47 | 0.00   | 16.86    | 31.4    |
| 13     | N   | -66.20  | 88.30  | 0.00 | -65.98  | 467.29 | 0.00   | 5.49     | 31.4    |
| 14     | N   | -66.40  | 88.30  | 0.00 | -66.43  | 467.21 | 0.00   | 5.49     | 31.4    |

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.181 | 50.0   | 50.0   | 0.00009  | 42.5   | 42.5   | -0.01580 | -42.5  | 7.5    |
| 2      | 0.00350 | 0.182 | 50.0   | 50.0   | 0.00010  | 42.5   | 42.5   | -0.01578 | -42.5  | 7.5    |
| 3      | 0.00350 | 0.175 | 50.0   | 50.0   | -0.00003 | 42.5   | 42.5   | -0.01650 | -42.5  | 7.5    |
| 4      | 0.00350 | 0.175 | 50.0   | 50.0   | -0.00002 | 42.5   | 42.5   | -0.01647 | -42.5  | 7.5    |
| 5      | 0.00350 | 0.182 | 50.0   | 50.0   | 0.00011  | 42.5   | 42.5   | -0.01568 | -42.5  | 7.5    |
| 6      | 0.00350 | 0.182 | 50.0   | 50.0   | 0.00011  | 42.5   | 42.5   | -0.01568 | -42.5  | 7.5    |
| 7      | 0.00350 | 0.181 | 50.0   | 50.0   | 0.00008  | 42.5   | 42.5   | -0.01587 | -42.5  | 7.5    |
| 8      | 0.00350 | 0.181 | 50.0   | 50.0   | 0.00009  | 42.5   | 42.5   | -0.01585 | -42.5  | 7.5    |
| 9      | 0.00350 | 0.181 | 50.0   | 50.0   | 0.00009  | 42.5   | 42.5   | -0.01585 | -42.5  | 7.5    |
| 10     | 0.00350 | 0.181 | 50.0   | 50.0   | 0.00009  | 42.5   | 42.5   | -0.01585 | -42.5  | 7.5    |
| 11     | 0.00350 | 0.180 | 50.0   | 50.0   | 0.00007  | 42.5   | 42.5   | -0.01592 | -42.5  | 7.5    |
| 12     | 0.00350 | 0.183 | 50.0   | 50.0   | 0.00012  | 42.5   | 42.5   | -0.01566 | -42.5  | 7.5    |
| 13     | 0.00350 | 0.182 | 50.0   | 50.0   | 0.00010  | 42.5   | 42.5   | -0.01577 | -42.5  | 7.5    |
| 14     | 0.00350 | 0.182 | 50.0   | 50.0   | 0.00010  | 42.5   | 42.5   | -0.01577 | -42.5  | 7.5    |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | 0.000454223 | -0.019211162 | 0.181 | 0.700  |
| 2      | 0.000000000 | 0.000453735 | -0.019186739 | 0.182 | 0.700  |
| 3      | 0.000000000 | 0.000470636 | -0.020031776 | 0.175 | 0.700  |
| 4      | 0.000000000 | 0.000469952 | -0.019997584 | 0.175 | 0.700  |
| 5      | 0.000000000 | 0.000451390 | -0.019069508 | 0.182 | 0.700  |
| 6      | 0.000000000 | 0.000451390 | -0.019069508 | 0.182 | 0.700  |
| 7      | 0.000000000 | 0.000455689 | -0.019284431 | 0.181 | 0.700  |
| 8      | 0.000000000 | 0.000455200 | -0.019260008 | 0.181 | 0.700  |
| 9      | 0.000000000 | 0.000455298 | -0.019264893 | 0.181 | 0.700  |
| 10     | 0.000000000 | 0.000455200 | -0.019260008 | 0.181 | 0.700  |
| 11     | 0.000000000 | 0.000457056 | -0.019352816 | 0.180 | 0.700  |
| 12     | 0.000000000 | 0.000450804 | -0.019040201 | 0.183 | 0.700  |
| 13     | 0.000000000 | 0.000453344 | -0.019167200 | 0.182 | 0.700  |
| 14     | 0.000000000 | 0.000453442 | -0.019172085 | 0.182 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.15   | -50.0  | 50.0   | -70.6  | -14.2  | 7.5    | 1200    | 31.4    |
| 2      | S   | 2.16   | -50.0  | 50.0   | -70.4  | -42.5  | 7.5    | 1200    | 31.4    |
| 3      | S   | 2.16   | -50.0  | 50.0   | -70.5  | -23.6  | 7.5    | 1200    | 31.4    |
| 4      | S   | 2.14   | -50.0  | 50.0   | -69.9  | -23.6  | 7.5    | 1200    | 31.4    |
| 5      | S   | 3.23   | -50.0  | 50.0   | -101.2 | -14.2  | 7.5    | 1200    | 31.4    |
| 6      | S   | 0.62   | -50.0  | 50.0   | -25.1  | -33.1  | 7.5    | 1300    | 31.4    |
| 7      | S   | 1.94   | -50.0  | 50.0   | -63.1  | -42.5  | 7.5    | 1200    | 31.4    |
| 8      | S   | 1.93   | -50.0  | 50.0   | -63.1  | -23.6  | 7.5    | 1200    | 31.4    |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                      Esito della verifica  
e2                      Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
k1                      Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
                             = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                      =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                      Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                      Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max             | wk     | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------------------|--------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00044 | 0.00000 | 0.840 | 20.0 | 65 | 0.00021 (0.00021) | 439 0.093 (990.00) | 147.08 | 0.00    |         |
| 2     | S   | -0.00044 | 0.00000 | 0.840 | 20.0 | 65 | 0.00021 (0.00021) | 439 0.093 (990.00) | 147.38 | 0.00    |         |
| 3     | S   | -0.00044 | 0.00000 | 0.840 | 20.0 | 65 | 0.00021 (0.00021) | 439 0.093 (990.00) | 147.33 | 0.00    |         |
| 4     | S   | -0.00044 | 0.00000 | 0.840 | 20.0 | 65 | 0.00021 (0.00021) | 439 0.092 (990.00) | 147.30 | 0.00    |         |
| 5     | S   | -0.00064 | 0.00000 | 0.838 | 20.0 | 65 | 0.00030 (0.00030) | 439 0.133 (990.00) | 149.53 | 0.00    |         |
| 6     | S   | -0.00016 | 0.00000 | 0.835 | 20.0 | 65 | 0.00008 (0.00008) | 456 0.034 (990.00) | 136.82 | 0.00    |         |
| 7     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.083 (990.00) | 147.47 | 0.00    |         |
| 8     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.840 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.083 (990.00) | 147.42 | 0.00    |         |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.93   | -50.0  | 50.0   | -63.1  | -4.7   | 7.5    | 1200    | 31.4    |
| 2      | S   | 1.94   | -50.0  | 50.0   | -63.0  | -33.1  | 7.5    | 1200    | 31.4    |
| 3      | S   | 1.94   | -50.0  | 50.0   | -63.2  | -42.5  | 7.5    | 1200    | 31.4    |
| 4      | S   | 1.93   | -50.0  | 50.0   | -63.0  | -42.5  | 7.5    | 1200    | 31.4    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max           | wk     | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|------------------|--------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.840 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.083 (0.30) | 147.30 | 0.00    |         |
| 2     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.083 (0.30) | 147.49 | 0.00    |         |
| 3     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.083 (0.30) | 147.47 | 0.00    |         |
| 4     | S   | -0.00040 | 0.00000 | 0.840 | 20.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 439 0.083 (0.30) | 147.42 | 0.00    |         |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.28   | -50.0  | 50.0   | -41.0  | -42.5  | 7.5    | 1200    | 31.4    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max           | wk     | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|------------------|--------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00026 | 0.00000 | 0.839 | 20.0 | 65 | 0.00012 (0.00012) | 439 0.054 (0.20) | 148.24 | 0.00    |         |

### 9.1.2.3 Verifica a taglio

Il taglio sollecitante massimo è ottenuto dalla section-cut V1 e risulta essere:

$$V_{ed} = 206.2 \text{ kN}$$

L'armatura trasversale è costituita da spille  $\emptyset 12$  disposte con passo regolare su tutta l'estensione del muro a formare una maglia 40 x 20 cm. Di seguito si riporta la verifica:

#### Caratteristiche materiali

CIs

|           |       |          |   |
|-----------|-------|----------|---|
| $R_{ck}$  | 40    | $N/mm^2$ | resistenza cubica caratteristica a compressione                   |
| $f_{ck}$  | 33.20 | $N/mm^2$ | resistenza cilindrica caratteristica a compressione               |
| $f_{cm}$  | 41.20 | $N/mm^2$ | resistenza cilindrica media a compressione                        |
| $f_{cd}$  | 22.13 | $N/mm^2$ | resistenza cilindrica di progetto a compressione                  |
| $f_{ctm}$ | 3.10  | $N/mm^2$ | resistenza a trazione media                                       |
| $f_{cfm}$ | 3.72  | $N/mm^2$ | resistenza a trazione media per fessurazione                      |
| $E_{cm}$  | 33643 | $N/mm^2$ | modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ ) |

Acciaio barre longitudinali

|          |       |          |  |
|----------|-------|----------|--|
| $f_{yk}$ | 450   | $N/mm^2$ |  |
| $f_{yd}$ | 391.3 | $N/mm^2$ |  |

Acciaio staffe

|          |       |          |  |
|----------|-------|----------|--|
| $f_{yk}$ | 450   | $N/mm^2$ |  |
| $f_{yd}$ | 391.3 | $N/mm^2$ |  |

Caratteristiche di aderenza delle barre

|          |      |          |                                     |
|----------|------|----------|-------------------------------------|
| $\eta$   | 1.00 |          |                                     |
| $f_{bk}$ | 4.88 | $N/mm^2$ | tensione di aderenza caratteristica |
| $f_{bd}$ | 3.25 | $N/mm^2$ | tensione di aderenza di progetto    |

Calcoli preliminari



|                   |        |                   |  |
|-------------------|--------|-------------------|--|
| $A_{sl}$          | 1570.8 | mm <sup>2</sup>   | area dell'armatura longitudinale                               |
| $\rho_l$          | 0.0037 |                   | rapporto geometrico d'armatura longitudinale                   |
| $\rho_{l,eff}$    | 0.0037 |                   | rapporto considerato nei calcoli                               |
| $\sigma_{cp}$     | 0.000  | N/mm <sup>2</sup> | tensione media di compressione nella sezione                   |
| $\sigma_{cp,eff}$ | 0.000  | N/mm <sup>2</sup> | tensione media considerata nei calcoli                         |
| $A_{sw}$          | 282.7  | mm <sup>2</sup>   | area della singola staffa (è considerato il numero di braccia) |

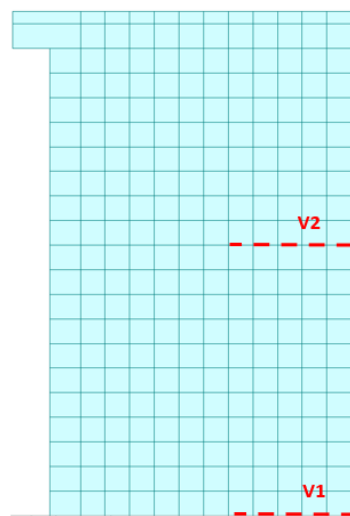
#### Elemento armato a taglio

|             |        |                   |   |
|-------------|--------|-------------------|---|
| $\alpha$    | 1.571  | rad               | inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale                |
| $\theta$    | 0.384  | rad               | inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave |
| $f'_{cd}$   | 11.067 | N/mm <sup>2</sup> | resistenza a compressione ridotta del cls d'anima                 |
| $\alpha_c$  | 1.000  |                   | coefficiente maggiorativo per compressione                        |
| $N_{Rd}$    | 11067  | kN                | sforzo normale di compressione ultimo                             |
| $ctg\alpha$ | 0.00   |                   |   |
| $ctg\theta$ | 2.48   |                   |   |
| $V_{Rsd}$   | 261.9  | kN                | taglio resistente relativo alle armature tese                     |
| $V_{Rcd}$   | 1249.7 | kN<br>kN          | taglio resistente relativo alle bielle compresse                  |
| $V_{Rd}$    | 261.9  | kN                | taglio resistente di calcolo                                      |
| $V_{Ed}$    | 206.2  | kN                | sollecitazione di taglio da calcolo                               |
| $V_{Rd}$    | >      | $V_{Ed}$          |   |
| CS          | 1.27   |                   |   |

### 9.1.3 Muro andatore

#### 9.1.3.1 Verifica a presso flessione - Armatura verticale

Per il muro andatore di spessore 0.75 m, in figura sono indicate le section-cut considerate per il dimensionamento e la verifica dell'armatura verticale costituita da barre  $\varnothing 20/20''$  sia internamente che esternamente.



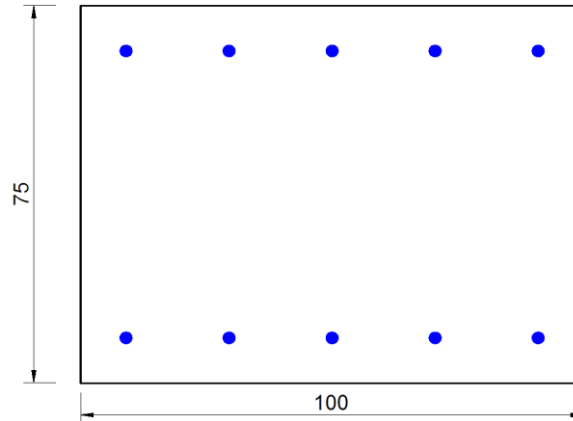
**Figura 149 – Section-cut orizzontali muro andatore**

Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche per tutte le sezioni analizzate e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

| Elemento      | Dir. | SLU/SLV | Rara             |                  | Freq   | Qp               |        | Arm. esterna | Arm. interna |
|---------------|------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|--------------|--------------|
|               |      | CS      | $\sigma_s$ (Mpa) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) |              |              |
| Muro andatore | V1   | 1.56    | -55.70           | 1.73             | 0.091  | 1.12             | 0.054  | 20/200       | 20/200       |
|               | V2   | 1.23    | -62.50           | 1.64             | 0.147  | 1.06             | 0.090  | 20/200       | 20/200       |

Si esplicitano inoltre le verifiche delle due sezioni risultate più critiche (dimensioni 1.00 x 0.75 m).

Sezione V1



**Figura 150 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME FILE SEZIONE: SPA\_andatore\_V1**

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica                    |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|  |   |                     |                     |
|--|---|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                                 | Classe:                                   | C32/40              |                     |
|  | Resis. compr. di progetto fcd:            | 18.130              | MPa                 |
|  | Def.unit. max resistenza ec2:             | 0.0020              |                     |
|  | Def.unit. ultima ecu:                     | 0.0035              |                     |
|  | Diagramma tensione-deformaz.:             | Parabola-Rettangolo |                     |
|  | Modulo Elastico Normale Ec:               | 33643.0             | MPa                 |
|  | Resis. media a trazione fctm:             | 3.030               | MPa                 |
|  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 192.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|  | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300               | mm                  |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 0.00                | Mpa                 |
|  | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.200               | mm                  |
|  | ACCIAIO -                                 | Tipo:               | B450C               |
| Resist. caratt. snervam. fyk:                  |   | 450.00              | MPa                 |
| Resist. caratt. rottura ftk:                   |   | 450.00              | MPa                 |
| Resist. snerv. di progetto fyd:                |   | 391.30              | MPa                 |
| Resist. ultima di progetto ftd:                |   | 391.30              | MPa                 |
| Deform. ultima di progetto Epu:                |   | 0.068               |                     |
| Modulo Elastico Ef                             |   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensione-deformaz.:                  |   | Bilineare finito    |                     |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ : |   | 1.00                |                     |

Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 100.0  |
| 3          | 50.0   | 100.0  |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -41.0  | 9.0    | 26        |
| 2       | -41.0  | 91.0   | 26        |
| 3       | 41.0   | 91.0   | 26        |
| 4       | 31.9   | 9.0    | 26        |
| 5       | -31.9  | 9.0    | 20        |
| 6       | 41.0   | 9.0    | 20        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 2            | 3            | 3       | 26 |
| 2      | 5            | 6            | 3       | 20 |
| 3      | 1            | 4            | 3       | 26 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N       | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|---------|--------|------|------|------|
| 1       | -96.30  | 331.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | -100.30 | 389.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 29.60   | 921.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 23.30   | 922.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| 5  | 37.30  | 329.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6  | 15.90  | 343.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7  | 94.70  | 272.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8  | 31.90  | 272.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9  | 43.30  | 272.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 41.20  | 272.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 82.30  | 248.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 103.90 | 249.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 65.60  | 248.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 62.50  | 248.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx     | My   |
|---------|-------|--------|------|
| 1       | 72.50 | 201.00 | 0.00 |
| 2       | 26.00 | 200.70 | 0.00 |
| 3       | 34.40 | 200.70 | 0.00 |
| 4       | 32.90 | 200.70 | 0.00 |
| 5       | 63.30 | 182.60 | 0.00 |
| 6       | 79.30 | 183.30 | 0.00 |
| 7       | 50.90 | 182.80 | 0.00 |
| 8       | 48.90 | 183.00 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx              | My          |
|---------|-------|-----------------|-------------|
| 1       | 74.70 | 182.80 (666.64) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 49.60 | 182.60 (649.66) | 0.00 (0.00) |
| 3       | 54.60 | 182.60 (652.98) | 0.00 (0.00) |
| 4       | 58.50 | 182.60 (655.60) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx              | My          |
|---------|-------|-----------------|-------------|
| 1       | 77.70 | 128.70 (692.41) | 0.00 (0.00) |

## RISULTATI DEL CALCOLO

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |
|          | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000                                       |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.                                     |

| N°Comb | Ver | N       | Mx     | My   | N Res   | Mx Res  | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|---------|--------|------|---------|---------|--------|----------|---------|
| 1      | S   | -96.30  | 331.00 | 0.00 | -96.26  | 1387.25 | -2.01  | 4.28     | 42.3    |
| 2      | S   | -100.30 | 389.30 | 0.00 | -100.12 | 1385.56 | -1.80  | 3.62     | 42.3    |
| 3      | S   | 29.60   | 921.70 | 0.00 | 29.79   | 1439.02 | 0.60   | 1.56     | 42.3    |
| 4      | S   | 23.30   | 922.50 | 0.00 | 23.51   | 1436.43 | 0.58   | 1.56     | 42.3    |
| 5      | S   | 37.30   | 329.90 | 0.00 | 37.13   | 1442.05 | 0.74   | 4.37     | 42.3    |
| 6      | S   | 15.90   | 343.50 | 0.00 | 15.84   | 1433.27 | 0.59   | 4.17     | 42.3    |
| 7      | S   | 94.70   | 272.80 | 0.00 | 94.66   | 1465.80 | 1.26   | 5.35     | 42.3    |
| 8      | S   | 31.90   | 272.40 | 0.00 | 31.90   | 1439.90 | 0.74   | 5.28     | 42.3    |
| 9      | S   | 43.30   | 272.50 | 0.00 | 43.08   | 1444.51 | 0.83   | 5.29     | 42.3    |
| 10     | S   | 41.20   | 272.50 | 0.00 | 41.20   | 1443.74 | 0.81   | 5.29     | 42.3    |
| 11     | S   | 82.30   | 248.00 | 0.00 | 82.31   | 1460.71 | 1.21   | 5.87     | 42.3    |
| 12     | S   | 103.90  | 249.00 | 0.00 | 103.92  | 1469.64 | 1.41   | 5.88     | 42.3    |
| 13     | S   | 65.60   | 248.30 | 0.00 | 65.64   | 1453.83 | 1.05   | 5.84     | 42.3    |
| 14     | S   | 62.50   | 248.50 | 0.00 | 62.40   | 1452.49 | 1.02   | 5.83     | 42.3    |

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.110 | -50.0  | 100.0  | 0.00035 | -41.0  | 91.0   | -0.02830 | 41.0   | 9.0    |
| 2      | 0.00350 | 0.110 | -50.0  | 100.0  | 0.00035 | -41.0  | 91.0   | -0.02837 | 41.0   | 9.0    |
| 3      | 0.00350 | 0.114 | -50.0  | 100.0  | 0.00045 | -41.0  | 91.0   | -0.02733 | 41.0   | 9.0    |
| 4      | 0.00350 | 0.113 | -50.0  | 100.0  | 0.00045 | -41.0  | 91.0   | -0.02738 | 41.0   | 9.0    |
| 5      | 0.00350 | 0.114 | -50.0  | 100.0  | 0.00046 | -41.0  | 91.0   | -0.02727 | 41.0   | 9.0    |
| 6      | 0.00350 | 0.113 | -50.0  | 100.0  | 0.00044 | -41.0  | 91.0   | -0.02746 | 41.0   | 9.0    |
| 7      | 0.00350 | 0.116 | -50.0  | 100.0  | 0.00051 | -41.0  | 91.0   | -0.02675 | 41.0   | 9.0    |
| 8      | 0.00350 | 0.114 | -50.0  | 100.0  | 0.00045 | -41.0  | 91.0   | -0.02732 | 41.0   | 9.0    |
| 9      | 0.00350 | 0.114 | -50.0  | 100.0  | 0.00046 | -41.0  | 91.0   | -0.02722 | 41.0   | 9.0    |
| 10     | 0.00350 | 0.114 | -50.0  | 100.0  | 0.00046 | -41.0  | 91.0   | -0.02723 | 41.0   | 9.0    |
| 11     | 0.00350 | 0.115 | -50.0  | 100.0  | 0.00050 | -41.0  | 91.0   | -0.02687 | 41.0   | 9.0    |
| 12     | 0.00350 | 0.116 | -50.0  | 100.0  | 0.00052 | -41.0  | 91.0   | -0.02668 | 41.0   | 9.0    |

|    |         |       |       |       |         |       |      |          |      |     |
|----|---------|-------|-------|-------|---------|-------|------|----------|------|-----|
| 13 | 0.00350 | 0.115 | -50.0 | 100.0 | 0.00048 | -41.0 | 91.0 | -0.02702 | 41.0 | 9.0 |
| 14 | 0.00350 | 0.115 | -50.0 | 100.0 | 0.00048 | -41.0 | 91.0 | -0.02705 | 41.0 | 9.0 |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d      Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.      Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a            | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|--------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | -0.000002448 | 0.000347032 | -0.031325641 | 0.110 | 0.700  |
| 2      | -0.000002366 | 0.000347842 | -0.031402508 | 0.110 | 0.700  |
| 3      | -0.000001645 | 0.000337101 | -0.030292384 | 0.114 | 0.700  |
| 4      | -0.000001650 | 0.000337733 | -0.030355801 | 0.113 | 0.700  |
| 5      | -0.000001617 | 0.000336493 | -0.030230115 | 0.114 | 0.700  |
| 6      | -0.000001647 | 0.000338554 | -0.030437803 | 0.113 | 0.700  |
| 7      | -0.000001518 | 0.000330951 | -0.029671011 | 0.116 | 0.700  |
| 8      | -0.000001618 | 0.000337037 | -0.030284629 | 0.114 | 0.700  |
| 9      | -0.000001600 | 0.000335964 | -0.030176373 | 0.114 | 0.700  |
| 10     | -0.000001603 | 0.000336143 | -0.030194404 | 0.114 | 0.700  |
| 11     | -0.000001529 | 0.000332214 | -0.029797845 | 0.115 | 0.700  |
| 12     | -0.000001493 | 0.000330112 | -0.029585847 | 0.116 | 0.700  |
| 13     | -0.000001557 | 0.000333823 | -0.029960179 | 0.115 | 0.700  |
| 14     | -0.000001562 | 0.000334136 | -0.029991749 | 0.115 | 0.700  |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max      Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min      Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.      Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.      Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.65   | -50.0  | 100.0  | -50.5  | 41.0   | 9.0    | 2287    | 42.3    |
| 2      | S   | 1.62   | -50.0  | 100.0  | -55.5  | 41.0   | 9.0    | 2349    | 42.3    |
| 3      | S   | 1.63   | -50.0  | 100.0  | -54.6  | 41.0   | 9.0    | 2339    | 42.3    |
| 4      | S   | 1.63   | -50.0  | 100.0  | -54.7  | 41.0   | 9.0    | 2340    | 42.3    |
| 5      | S   | 1.50   | -50.0  | 100.0  | -46.2  | 41.0   | 9.0    | 2290    | 42.3    |
| 6      | S   | 1.51   | -50.0  | 100.0  | -44.7  | 41.0   | 9.0    | 2263    | 42.3    |
| 7      | S   | 1.49   | -50.0  | 100.0  | -47.6  | 41.0   | 9.0    | 2308    | 42.3    |
| 8      | S   | 1.49   | -50.0  | 100.0  | -47.8  | 41.0   | 9.0    | 2312    | 42.3    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.51   | -50.0  | 100.0  | -45.0  | 41.0   | 9.0    | 2271    | 42.3    |
| 2      | S   | 1.49   | -50.0  | 100.0  | -47.7  | 41.0   | 9.0    | 2310    | 42.3    |
| 3      | S   | 1.49   | -50.0  | 100.0  | -47.1  | 41.0   | 9.0    | 2301    | 42.3    |
| 4      | S   | 1.50   | -50.0  | 100.0  | -46.7  | 41.0   | 9.0    | 2295    | 42.3    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

|             |  |
|-------------|--|
| Ver.        | Esito della verifica   |
| e1          | Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata   |
| e2          | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area $A_c$ eff  |
| k1          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  |
| kt          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]   |
| k2          | = $(e1 + e2)/(2 * e1)$ [eq.(7.13)EC2]  |
| k3          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| k4          | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Ø           | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_c$ eff [eq.(7.11)EC2]  |
| Cf          | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]<br>Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max      | Massima distanza tra le fessure [mm]   |
| wk          | Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  |
| Mx fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  |
| My fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]  |

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00026 | 0  | 0.833 | 23.4 | 80 | 0.00014 (0.00014) | 628    | 0.085 (0.30) | 666.64  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 2     | S   | -0.00027 | 0  | 0.833 | 23.4 | 80 | 0.00014 (0.00014) | 634    | 0.091 (0.30) | 649.66  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 3     | S   | -0.00027 | 0  | 0.833 | 23.4 | 80 | 0.00014 (0.00014) | 633    | 0.089 (0.30) | 652.98  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 4     | S   | -0.00027 | 0  | 0.833 | 23.4 | 80 | 0.00014 (0.00014) | 632    | 0.089 (0.30) | 655.60  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

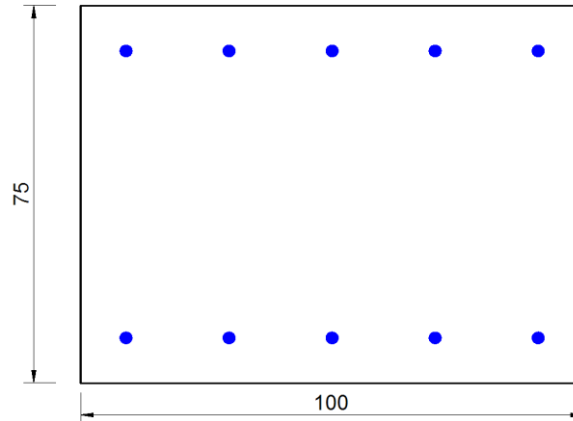
| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.07   | -50.0  | 100.0  | -29.1  | 41.0   | 9.0    | 2209    | 42.3    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00017 | 0  | 0.833 | 23.4 | 80 | 0.00009 (0.00009) | 618    | 0.054 (0.20) | 692.41  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |



Sezione V2



**Figura 151 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME FILE SEZIONE: SPA\_andatore\_V2**

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica                    |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|  |   |                     |                     |
|--|---|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                                 | Classe:                                   | C32/40              |                     |
|  | Resis. compr. di progetto fcd:            | 18.130              | MPa                 |
|  | Def.unit. max resistenza ec2:             | 0.0020              |                     |
|  | Def.unit. ultima ecu:                     | 0.0035              |                     |
|  | Diagramma tensione-deformaz.:             | Parabola-Rettangolo |                     |
|  | Modulo Elastico Normale Ec:               | 33643.0             | MPa                 |
|  | Resis. media a trazione fctm:             | 3.030               | MPa                 |
|  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 192.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|  | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300               | mm                  |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 0.00                | Mpa                 |
|  | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.200               | mm                  |
|  | ACCIAIO -                                 | Tipo:               | B450C               |
| Resist. caratt. snervam. fyk:                  |   | 450.00              | MPa                 |
| Resist. caratt. rottura ftk:                   |   | 450.00              | MPa                 |
| Resist. snerv. di progetto fyd:                |   | 391.30              | MPa                 |
| Resist. ultima di progetto ftd:                |   | 391.30              | MPa                 |
| Deform. ultima di progetto Epu:                |   | 0.068               |                     |
| Modulo Elastico Ef                             |   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensione-deformaz.:                  |   | Bilineare finito    |                     |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ : |   | 1.00                |                     |

Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 100.0  |
| 3          | 50.0   | 100.0  |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -41.0  | 9.0    | 26        |
| 2       | -41.0  | 91.0   | 26        |
| 3       | 41.0   | 91.0   | 26        |
| 4       | 41.0   | 9.0    | 26        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 26 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 26 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N      | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|--------|--------|------|------|------|
| 1       | 38.30  | 279.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 28.90  | 327.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 71.10  | 770.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 62.10  | 770.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 93.80  | 278.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 62.30  | 289.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 122.40 | 232.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| 8  | 116.90 | 234.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9  | 117.90 | 233.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 117.80 | 234.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 120.50 | 212.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 127.90 | 212.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 121.90 | 213.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 122.70 | 214.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx     | My   |
|---------|-------|--------|------|
| 1       | 90.80 | 170.90 | 0.00 |
| 2       | 86.80 | 172.50 | 0.00 |
| 3       | 87.50 | 172.20 | 0.00 |
| 4       | 87.40 | 172.30 | 0.00 |
| 5       | 89.40 | 156.00 | 0.00 |
| 6       | 94.90 | 156.50 | 0.00 |
| 7       | 90.50 | 157.00 | 0.00 |
| 8       | 91.00 | 157.70 | 0.00 |

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx              | My          |
|---------|-------|-----------------|-------------|
| 1       | 91.30 | 155.20 (655.19) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 89.10 | 156.10 (652.90) | 0.00 (0.00) |
| 3       | 89.50 | 155.90 (653.33) | 0.00 (0.00) |
| 4       | 89.90 | 155.70 (653.76) | 0.00 (0.00) |

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx              | My          |
|---------|-------|-----------------|-------------|
| 1       | 95.90 | 111.10 (693.36) | 0.00 (0.00) |

**RISULTATI DEL CALCOLO**

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Tesa  | Area armature trave [cm²] in zona tesa.  |

| N°Comb | Ver | N      | Mx     | My   | N Res  | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|--------|--------|------|--------|--------|--------|----------|---------|
| 1      | S   | 38.30  | 279.40 | 0.00 | 38.43  | 935.22 | 0.00   | 3.35     | 26.5    |
| 2      | S   | 28.90  | 327.80 | 0.00 | 29.03  | 931.30 | 0.00   | 2.84     | 26.5    |
| 3      | S   | 71.10  | 770.30 | 0.00 | 71.14  | 948.89 | 0.00   | 1.23     | 26.5    |
| 4      | S   | 62.10  | 770.80 | 0.00 | 62.18  | 945.15 | 0.00   | 1.23     | 26.5    |
| 5      | S   | 93.80  | 278.70 | 0.00 | 93.61  | 958.27 | 0.00   | 3.44     | 26.5    |
| 6      | S   | 62.30  | 289.10 | 0.00 | 62.18  | 945.15 | 0.00   | 3.27     | 26.5    |
| 7      | S   | 122.40 | 232.10 | 0.00 | 122.65 | 970.39 | 0.00   | 4.18     | 26.5    |
| 8      | S   | 116.90 | 234.30 | 0.00 | 117.00 | 968.03 | 0.00   | 4.13     | 26.5    |
| 9      | S   | 117.90 | 233.90 | 0.00 | 117.71 | 968.33 | 0.00   | 4.14     | 26.5    |
| 10     | S   | 117.80 | 234.00 | 0.00 | 117.71 | 968.33 | 0.00   | 4.14     | 26.5    |
| 11     | S   | 120.50 | 212.10 | 0.00 | 120.53 | 969.51 | 0.00   | 4.57     | 26.5    |
| 12     | S   | 127.90 | 212.80 | 0.00 | 127.93 | 972.60 | 0.00   | 4.57     | 26.5    |
| 13     | S   | 121.90 | 213.40 | 0.00 | 121.94 | 970.10 | 0.00   | 4.55     | 26.5    |
| 14     | S   | 122.70 | 214.40 | 0.00 | 122.65 | 970.39 | 0.00   | 4.53     | 26.5    |

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.092 | 50.0   | 100.0  | -0.00028 | 41.0   | 91.0   | -0.03469 | -41.0  | 9.0    |
| 2      | 0.00350 | 0.091 | 50.0   | 100.0  | -0.00029 | 41.0   | 91.0   | -0.03479 | -41.0  | 9.0    |
| 3      | 0.00350 | 0.093 | 50.0   | 100.0  | -0.00024 | 41.0   | 91.0   | -0.03431 | -41.0  | 9.0    |
| 4      | 0.00350 | 0.092 | 50.0   | 100.0  | -0.00025 | 41.0   | 91.0   | -0.03441 | -41.0  | 9.0    |
| 5      | 0.00350 | 0.093 | 50.0   | 100.0  | -0.00021 | 41.0   | 91.0   | -0.03405 | -41.0  | 9.0    |
| 6      | 0.00350 | 0.092 | 50.0   | 100.0  | -0.00025 | 41.0   | 91.0   | -0.03441 | -41.0  | 9.0    |
| 7      | 0.00350 | 0.094 | 50.0   | 100.0  | -0.00018 | 41.0   | 91.0   | -0.03371 | -41.0  | 9.0    |
| 8      | 0.00350 | 0.094 | 50.0   | 100.0  | -0.00019 | 41.0   | 91.0   | -0.03377 | -41.0  | 9.0    |
| 9      | 0.00350 | 0.094 | 50.0   | 100.0  | -0.00019 | 41.0   | 91.0   | -0.03377 | -41.0  | 9.0    |
| 10     | 0.00350 | 0.094 | 50.0   | 100.0  | -0.00019 | 41.0   | 91.0   | -0.03377 | -41.0  | 9.0    |
| 11     | 0.00350 | 0.094 | 50.0   | 100.0  | -0.00018 | 41.0   | 91.0   | -0.03373 | -41.0  | 9.0    |
| 12     | 0.00350 | 0.094 | 50.0   | 100.0  | -0.00017 | 41.0   | 91.0   | -0.03365 | -41.0  | 9.0    |
| 13     | 0.00350 | 0.094 | 50.0   | 100.0  | -0.00018 | 41.0   | 91.0   | -0.03372 | -41.0  | 9.0    |
| 14     | 0.00350 | 0.094 | 50.0   | 100.0  | -0.00018 | 41.0   | 91.0   | -0.03371 | -41.0  | 9.0    |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d      Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.      Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a          | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.00000000 | 0.000419618 | -0.038461783 | 0.092 | 0.700  |
| 2      | 0.00000000 | 0.000420800 | -0.038580043 | 0.091 | 0.700  |
| 3      | 0.00000000 | 0.000415479 | -0.038047873 | 0.093 | 0.700  |
| 4      | 0.00000000 | 0.000416616 | -0.038161584 | 0.092 | 0.700  |
| 5      | 0.00000000 | 0.000412613 | -0.037761320 | 0.093 | 0.700  |
| 6      | 0.00000000 | 0.000416616 | -0.038161584 | 0.092 | 0.700  |
| 7      | 0.00000000 | 0.000408883 | -0.037388346 | 0.094 | 0.700  |
| 8      | 0.00000000 | 0.000409611 | -0.037461121 | 0.094 | 0.700  |
| 9      | 0.00000000 | 0.000409520 | -0.037452024 | 0.094 | 0.700  |
| 10     | 0.00000000 | 0.000409520 | -0.037452024 | 0.094 | 0.700  |
| 11     | 0.00000000 | 0.000409156 | -0.037415637 | 0.094 | 0.700  |
| 12     | 0.00000000 | 0.000408201 | -0.037320119 | 0.094 | 0.700  |
| 13     | 0.00000000 | 0.000408974 | -0.037397443 | 0.094 | 0.700  |
| 14     | 0.00000000 | 0.000408883 | -0.037388346 | 0.094 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max      Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min      Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.      Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.      Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.62   | -50.0  | 100.0  | -61.1  | -20.5  | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 2      | S   | 1.64   | -50.0  | 100.0  | -62.5  | -20.5  | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 3      | S   | 1.63   | -50.0  | 100.0  | -62.2  | -41.0  | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 4      | S   | 1.64   | -50.0  | 100.0  | -62.3  | -20.5  | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 5      | S   | 1.48   | -50.0  | 100.0  | -54.6  | -20.5  | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 6      | S   | 1.49   | -50.0  | 100.0  | -53.9  | 0.0    | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 7      | S   | 1.49   | 50.0   | 100.0  | -54.9  | -41.0  | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 8      | S   | 1.50   | -50.0  | 100.0  | -55.1  | -41.0  | 9.0    | 2250    | 26.5    |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.48   | 50.0   | 100.0  | -53.9  | -20.5  | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 2      | S   | 1.49   | -50.0  | 100.0  | -54.7  | -20.5  | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 3      | S   | 1.48   | -50.0  | 100.0  | -54.6  | -41.0  | 9.0    | 2250    | 26.5    |
| 4      | S   | 1.48   | -50.0  | 100.0  | -54.4  | 0.0    | 9.0    | 2250    | 26.5    |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

|             |   |
|-------------|---|
| Ver.        | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$   |
| e1          | Esito della verifica  |
| e2          | Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  |
| k1          | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area $A_c$ eff           |
| kt          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]   |
| k2          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]   |
| k3          | = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]   |
| k4          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali   |
| Ø           | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali   |
| Cf          | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_c$ eff [eq.(7.11)EC2]                                 |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa   |
| sr max      | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]   |
| wk          | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]   |
| Mx fess.    | Massima distanza tra le fessure [mm]  |
| My fess.    | Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]   |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]   |

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00031 | 0  | 0.849 | 26.0 | 77 | 0.00016 (0.00016) | 898    | 0.145 (0.30) | 655.19  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 2     | S   | -0.00031 | 0  | 0.849 | 26.0 | 77 | 0.00016 (0.00016) | 898    | 0.147 (0.30) | 652.90  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 3     | S   | -0.00031 | 0  | 0.849 | 26.0 | 77 | 0.00016 (0.00016) | 898    | 0.147 (0.30) | 653.33  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 4     | S   | -0.00031 | 0  | 0.849 | 26.0 | 77 | 0.00016 (0.00016) | 898    | 0.147 (0.30) | 653.76  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

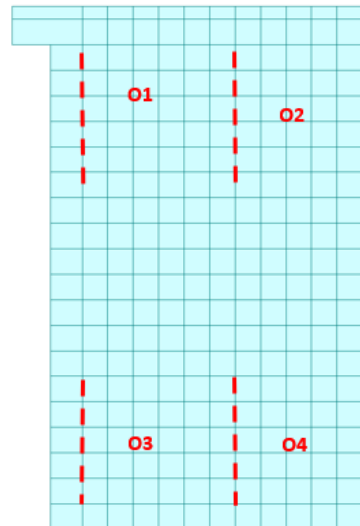
| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.06   | -50.0  | 100.0  | -33.5  | -41.0  | 9.0    | 2250    | 26.5    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00019 | 0  | 0.843 | 26.0 | 77 | 0.00010 (0.00010) | 893    | 0.090 (0.20) | 693.36  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

### 9.1.3.2 Verifica a presso flessione - Armatura orizzontale

In figura sono indicate le section-cut considerate per il dimensionamento e la verifica dell'armatura orizzontale, costituita da barre  $\varnothing 20/20''$  sia internamente che esternamente.



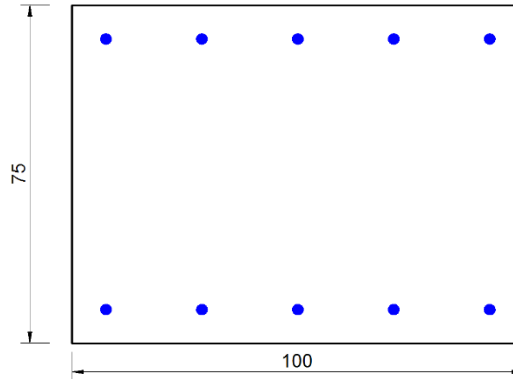
**Figura 152 – Section-cut verticali muro andatore**

Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche per tutte le sezioni analizzate e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

| Elemento      | Dir. | SLU/SLV | Rara             |                  | Freq   | Qp               |        | Arm. esterna | Arm. interna |
|---------------|------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|--------------|--------------|
|               |      | CS      | $\sigma_s$ (Mpa) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) |              |              |
| Muro andatore | O1   | 2.20    | -64.60           | 0.57             | 0.170  | 0.30             | 0.118  | 20/200       | 20/200       |
|               | O2   | 11.62   | -17.00           | 0.07             | 0.041  | 0.00             | 0.022  | 20/200       | 20/200       |
|               | O3   | 5.10    | -15.80           | 0.40             | 0.037  | 0.23             | 0.014  | 20/200       | 20/200       |
|               | O4   | 5.46    | -14.30           | 0.15             | 0.012  | 0.06             | 0.004  | 20/200       | 20/200       |

Si esplicitano inoltre le verifiche delle due sezioni risultate più critiche di dimensioni 1.00 x 0.75 m (sezioni O1 e O3).

## Sezione O1



**Figura 153 – Sezione implementata in RC-SEC**

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME FILE SEZIONE: SPA\_andatore\_O1

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inertia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica                    |

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |  |                     |                     |
|----------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:  | C/32/40             |                     |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:                 | 18.130              | MPa                 |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:                  | 0.0020              |                     |
|                | Def.unit. ultima ecu:                          | 0.0035              |                     |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                  | Parabola-Rettangolo |                     |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:                    | 33643.0             | MPa                 |
|                | Resis. media a trazione fctm:                  | 3.030               | MPa                 |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                         | 15.00               |                     |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                         | 15.00               |                     |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:              | 192.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:      | 0.300               | mm                  |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:           | 0.00                | Mpa                 |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:           | 0.200               | mm                  |
| ACCIAIO -      | Tipo:  | B450C               |                     |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:                  | 450.00              | MPa                 |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:                   | 450.00              | MPa                 |
|                | Resist. snerv. di progetto fyd:                | 391.30              | MPa                 |
|                | Resist. ultima di progetto ftd:                | 391.30              | MPa                 |
|                | Deform. ultima di progetto Epu:                | 0.068               |                     |
|                | Modulo Elastico Ef                             | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                  | Bilineare finito    |                     |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ : | 1.00                |                     |
|                | Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :  | 0.50                |                     |



Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

360.00 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C/32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 100.0  |
| 3          | 50.0   | 100.0  |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -42.5  | 7.5    | 20        |
| 2       | -42.5  | 92.5   | 20        |
| 3       | 42.5   | 92.5   | 20        |
| 4       | 42.5   | 7.5    | 20        |

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 20 |

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N       | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|---------|--------|------|------|------|
| 1       | -500.20 | 102.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | -495.70 | 119.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | -113.40 | 233.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | -112.10 | 234.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | -154.20 | 84.60  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | -155.60 | 91.70  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | -75.20  | 77.20  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8       | -81.40  | 71.80  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |         |       |      |      |      |
|----|---------|-------|------|------|------|
| 9  | -80.30  | 72.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | -80.50  | 72.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | -110.20 | 69.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | -24.00  | 67.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | -68.10  | 66.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | -50.30  | 65.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx    | My   |
|---------|--------|-------|------|
| 1       | -57.30 | 57.10 | 0.00 |
| 2       | -61.80 | 53.10 | 0.00 |
| 3       | -61.00 | 53.80 | 0.00 |
| 4       | -61.20 | 53.60 | 0.00 |
| 5       | -83.20 | 51.70 | 0.00 |
| 6       | -19.30 | 50.20 | 0.00 |
| 7       | -52.00 | 49.30 | 0.00 |
| 8       | -40.30 | 48.70 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx             | My          |
|---------|--------|----------------|-------------|
| 1       | -70.30 | 52.10 (450.05) | 0.00 (0.00) |
| 2       | -72.80 | 49.90 (443.16) | 0.00 (0.00) |
| 3       | -72.30 | 50.40 (444.68) | 0.00 (0.00) |
| 4       | -71.90 | 50.70 (445.70) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx             | My          |
|---------|--------|----------------|-------------|
| 1       | -51.20 | 34.70 (442.14) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.   |

| N°Comb | Ver | N       | Mx     | My   | N Res   | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|---------|--------|------|---------|--------|--------|----------|---------|
| 1      | S   | -500.20 | 102.30 | 0.00 | -500.38 | 348.83 | 0.00   | 3.41     | 31.4    |
| 2      | S   | -495.70 | 119.30 | 0.00 | -495.42 | 351.00 | 0.00   | 2.94     | 31.4    |
| 3      | S   | -113.40 | 233.90 | 0.00 | -113.52 | 517.20 | 0.00   | 2.21     | 31.4    |
| 4      | S   | -112.10 | 234.90 | 0.00 | -112.27 | 517.75 | 0.00   | 2.20     | 31.4    |
| 5      | S   | -154.20 | 84.60  | 0.00 | -154.21 | 499.51 | 0.00   | 5.90     | 31.4    |
| 6      | S   | -155.60 | 91.70  | 0.00 | -155.80 | 498.82 | 0.00   | 5.44     | 31.4    |
| 7      | S   | -75.20  | 77.20  | 0.00 | -75.09  | 533.93 | 0.00   | 6.92     | 31.4    |
| 8      | S   | -81.40  | 71.80  | 0.00 | -81.48  | 531.15 | 0.00   | 7.40     | 31.4    |
| 9      | S   | -80.30  | 72.70  | 0.00 | -80.06  | 531.77 | 0.00   | 7.31     | 31.4    |
| 10     | S   | -80.50  | 72.50  | 0.00 | -80.77  | 531.46 | 0.00   | 7.33     | 31.4    |
| 11     | S   | -110.20 | 69.90  | 0.00 | -110.39 | 518.56 | 0.00   | 7.42     | 31.4    |
| 12     | S   | -24.00  | 67.90  | 0.00 | -23.83  | 556.23 | 0.00   | 8.19     | 31.4    |
| 13     | S   | -68.10  | 66.70  | 0.00 | -68.01  | 537.01 | 0.00   | 8.05     | 31.4    |
| 14     | S   | -50.30  | 65.80  | 0.00 | -50.38  | 544.68 | 0.00   | 8.28     | 31.4    |

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.053 | -50.0  | 100.0  | -0.00191 | -42.5  | 92.5   | -0.06317 | -42.5  | 7.5    |
| 2      | 0.00350 | 0.053 | -50.0  | 100.0  | -0.00189 | -42.5  | 92.5   | -0.06303 | -42.5  | 7.5    |
| 3      | 0.00350 | 0.062 | -50.0  | 100.0  | -0.00108 | -42.5  | 92.5   | -0.05296 | -42.5  | 7.5    |
| 4      | 0.00350 | 0.062 | -50.0  | 100.0  | -0.00108 | -42.5  | 92.5   | -0.05293 | -42.5  | 7.5    |
| 5      | 0.00350 | 0.061 | -50.0  | 100.0  | -0.00116 | -42.5  | 92.5   | -0.05403 | -42.5  | 7.5    |
| 6      | 0.00350 | 0.061 | -50.0  | 100.0  | -0.00117 | -42.5  | 92.5   | -0.05407 | -42.5  | 7.5    |
| 7      | 0.00350 | 0.063 | -50.0  | 100.0  | -0.00100 | -42.5  | 92.5   | -0.05205 | -42.5  | 7.5    |
| 8      | 0.00350 | 0.063 | -50.0  | 100.0  | -0.00102 | -42.5  | 92.5   | -0.05220 | -42.5  | 7.5    |
| 9      | 0.00350 | 0.063 | -50.0  | 100.0  | -0.00101 | -42.5  | 92.5   | -0.05216 | -42.5  | 7.5    |
| 10     | 0.00350 | 0.063 | -50.0  | 100.0  | -0.00101 | -42.5  | 92.5   | -0.05218 | -42.5  | 7.5    |
| 11     | 0.00350 | 0.062 | -50.0  | 100.0  | -0.00107 | -42.5  | 92.5   | -0.05288 | -42.5  | 7.5    |
| 12     | 0.00350 | 0.064 | -50.0  | 100.0  | -0.00091 | -42.5  | 92.5   | -0.05084 | -42.5  | 7.5    |
| 13     | 0.00350 | 0.063 | -50.0  | 100.0  | -0.00099 | -42.5  | 92.5   | -0.05188 | -42.5  | 7.5    |
| 14     | 0.00350 | 0.064 | -50.0  | 100.0  | -0.00096 | -42.5  | 92.5   | -0.05147 | -42.5  | 7.5    |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c           Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d               Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.            Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a          | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.00000000 | 0.000720709 | -0.068570900 | 0.053 | 0.700  |
| 2      | 0.00000000 | 0.000719278 | -0.068427820 | 0.053 | 0.700  |
| 3      | 0.00000000 | 0.000610359 | -0.057535885 | 0.062 | 0.700  |
| 4      | 0.00000000 | 0.000610001 | -0.057500115 | 0.062 | 0.700  |
| 5      | 0.00000000 | 0.000621895 | -0.058689465 | 0.061 | 0.700  |
| 6      | 0.00000000 | 0.000622342 | -0.058734177 | 0.061 | 0.700  |
| 7      | 0.00000000 | 0.000600522 | -0.056552213 | 0.063 | 0.700  |
| 8      | 0.00000000 | 0.000602132 | -0.056713178 | 0.063 | 0.700  |
| 9      | 0.00000000 | 0.000601774 | -0.056677408 | 0.063 | 0.700  |
| 10     | 0.00000000 | 0.000601953 | -0.056695293 | 0.063 | 0.700  |
| 11     | 0.00000000 | 0.000609465 | -0.057446461 | 0.062 | 0.700  |
| 12     | 0.00000000 | 0.000587466 | -0.055246612 | 0.064 | 0.700  |
| 13     | 0.00000000 | 0.000598734 | -0.056373364 | 0.063 | 0.700  |
| 14     | 0.00000000 | 0.000594262 | -0.055926240 | 0.064 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max            Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max   Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min            Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min   Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.            Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.            Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.57   | -50.0  | 100.0  | -60.1  | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.51   | 50.0   | 100.0  | -58.6  | 0.0    | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.52   | -50.0  | 100.0  | -58.9  | 21.3   | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.51   | 50.0   | 100.0  | -58.8  | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 5      | S   | 0.42   | -50.0  | 100.0  | -64.6  | 0.0    | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 6      | S   | 0.55   | -50.0  | 100.0  | -43.0  | -42.5  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 7      | S   | 0.48   | -50.0  | 100.0  | -52.7  | -42.5  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 8      | S   | 0.50   | -50.0  | 100.0  | -48.5  | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.47   | -50.0  | 100.0  | -60.7  | 0.0    | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.43   | -50.0  | 100.0  | -59.9  | 0.0    | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.44   | -50.0  | 100.0  | -60.1  | 21.3   | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.45   | -50.0  | 100.0  | -60.2  | 21.3   | 7.5    | 1837    | 15.7    |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

|             |  |
|-------------|--|
| Ver.        | Esito della verifica   |
| e1          | Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata   |
| e2          | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff   |
| k1          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  |
| kt          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  |
| k2          | = (e1 + e2)/(2*e1) [eq.(7.13)EC2]  |
| k3          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| k4          | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Ø           | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]   |
| Cf          | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]<br>Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max      | Massima distanza tra le fessure [mm]   |
| wk          | Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  |
| Mx fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  |
| My fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]  |

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00033 | 0  | 0.899 | 20.0 | 65 | 0.00018 (0.00018) | 936    | 0.170 (0.30) | 450.05  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 2     | S   | -0.00033 | 0  | 0.900 | 20.0 | 65 | 0.00018 (0.00018) | 936    | 0.168 (0.30) | 443.16  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 3     | S   | -0.00033 | 0  | 0.900 | 20.0 | 65 | 0.00018 (0.00018) | 936    | 0.169 (0.30) | 444.68  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 4     | S   | -0.00033 | 0  | 0.899 | 20.0 | 65 | 0.00018 (0.00018) | 936    | 0.169 (0.30) | 445.70  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

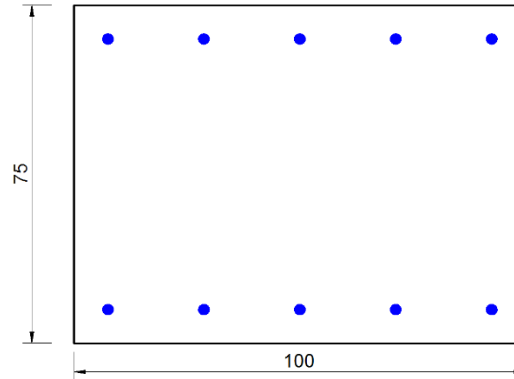
#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.30   | -50.0  | 100.0  | -41.8  | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00023 | 0  | 0.900 | 20.0 | 65 | 0.00013 (0.00013) | 937    | 0.118 (0.20) | 442.14  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

### Sezione O3



**Figura 154 – Sezione implementata in RC-SEC**

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME FILE SEZIONE: SPA\_andatore\_O3

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave           |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica                    |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |  |                     |                     |
|----------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:  | C32/40              |                     |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.130              | MPa                 |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020              |                     |
|                | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035              |                     |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo |                     |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33643.0             | MPa                 |
|                | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.030               | MPa                 |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |                     |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |                     |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 192.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300               | mm                  |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 0.00                | Mpa                 |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200               | mm                  |
| ACCIAIO -      | Tipo:  | B450C               |                     |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.00              | MPa                 |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.00              | MPa                 |
|                | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.30              | MPa                 |
|                | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.30              | MPa                 |
|                | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068               |                     |
|                | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito    |                     |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                |                     |

Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 100.0  |
| 3          | 50.0   | 100.0  |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -42.5  | 7.5    | 20        |
| 2       | -42.5  | 92.5   | 20        |
| 3       | 42.5   | 92.5   | 20        |
| 4       | 42.5   | 7.5    | 20        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 20 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 20 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N      | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|--------|--------|------|------|------|
| 1       | -26.90 | 62.80  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | -36.30 | 72.30  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3       | 11.30  | 110.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4       | 5.40   | 111.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5       | 33.30  | 44.10  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6       | 11.40  | 48.60  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7       | 45.90  | 46.50  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|    |       |       |      |      |      |
|----|-------|-------|------|------|------|
| 8  | 96.20 | 45.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9  | 87.10 | 45.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 88.80 | 45.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 47.50 | 43.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 55.00 | 40.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 73.90 | 41.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 77.70 | 41.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx    | My   |
|---------|-------|-------|------|
| 1       | 32.20 | 34.30 | 0.00 |
| 2       | 69.50 | 33.80 | 0.00 |
| 3       | 62.70 | 33.80 | 0.00 |
| 4       | 64.00 | 33.80 | 0.00 |
| 5       | 33.40 | 31.90 | 0.00 |
| 6       | 38.90 | 29.80 | 0.00 |
| 7       | 53.00 | 30.80 | 0.00 |
| 8       | 55.40 | 30.70 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx             | My          |
|---------|-------|----------------|-------------|
| 1       | 32.50 | 31.30 (680.54) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 52.60 | 31.00 (792.46) | 0.00 (0.00) |
| 3       | 48.60 | 31.10 (766.78) | 0.00 (0.00) |
| 4       | 45.50 | 31.10 (748.75) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N     | Mx             | My          |
|---------|-------|----------------|-------------|
| 1       | 40.30 | 21.70 (825.53) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO



### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Tesa  | Area armature trave [cm²] in zona tesa.  |

| N°Comb | Ver | N      | Mx     | My   | N Res  | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|--------|--------|------|--------|--------|--------|----------|---------|
| 1      | S   | -26.90 | 62.80  | 0.00 | -26.61 | 555.02 | 0.00   | 8.84     | 31.4    |
| 2      | S   | -36.30 | 72.30  | 0.00 | -36.37 | 550.78 | 0.00   | 7.62     | 31.4    |
| 3      | S   | 11.30  | 110.80 | 0.00 | 11.37  | 571.54 | 0.00   | 5.16     | 31.4    |
| 4      | S   | 5.40   | 111.50 | 0.00 | 5.19   | 568.86 | 0.00   | 5.10     | 31.4    |
| 5      | S   | 33.30  | 44.10  | 0.00 | 33.20  | 581.03 | 0.00   | 13.18    | 31.4    |
| 6      | S   | 11.40  | 48.60  | 0.00 | 11.37  | 571.54 | 0.00   | 11.76    | 31.4    |
| 7      | S   | 45.90  | 46.50  | 0.00 | 46.07  | 586.62 | 0.00   | 12.62    | 31.4    |
| 8      | S   | 96.20  | 45.80  | 0.00 | 96.25  | 608.41 | 0.00   | 13.28    | 31.4    |
| 9      | S   | 87.10  | 45.80  | 0.00 | 87.09  | 604.44 | 0.00   | 13.20    | 31.4    |
| 10     | S   | 88.80  | 45.80  | 0.00 | 88.62  | 605.10 | 0.00   | 13.21    | 31.4    |
| 11     | S   | 47.50  | 43.30  | 0.00 | 47.42  | 587.20 | 0.00   | 13.56    | 31.4    |
| 12     | S   | 55.00  | 40.40  | 0.00 | 54.83  | 590.42 | 0.00   | 14.61    | 31.4    |
| 13     | S   | 73.90  | 41.80  | 0.00 | 73.93  | 598.72 | 0.00   | 14.32    | 31.4    |
| 14     | S   | 77.70  | 41.60  | 0.00 | 77.59  | 600.31 | 0.00   | 14.43    | 31.4    |

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.064 | -50.0  | 100.0  | -0.00091 | -42.5  | 92.5   | -0.05091 | -42.5  | 7.5    |
| 2      | 0.00350 | 0.064 | -50.0  | 100.0  | -0.00093 | -42.5  | 92.5   | -0.05114 | -42.5  | 7.5    |
| 3      | 0.00350 | 0.065 | 50.0   | 100.0  | -0.00084 | 42.5   | 92.5   | -0.05000 | -42.5  | 7.5    |
| 4      | 0.00350 | 0.065 | 50.0   | 100.0  | -0.00085 | 42.5   | 92.5   | -0.05015 | -42.5  | 7.5    |
| 5      | 0.00350 | 0.066 | 50.0   | 100.0  | -0.00079 | 42.5   | 92.5   | -0.04947 | -42.5  | 7.5    |
| 6      | 0.00350 | 0.065 | 50.0   | 100.0  | -0.00084 | 42.5   | 92.5   | -0.05000 | -42.5  | 7.5    |
| 7      | 0.00350 | 0.066 | 50.0   | 100.0  | -0.00077 | 42.5   | 92.5   | -0.04915 | -42.5  | 7.5    |
| 8      | 0.00350 | 0.068 | 50.0   | 100.0  | -0.00067 | 42.5   | 92.5   | -0.04796 | -42.5  | 7.5    |
| 9      | 0.00350 | 0.068 | 50.0   | 100.0  | -0.00069 | 42.5   | 92.5   | -0.04816 | -42.5  | 7.5    |
| 10     | 0.00350 | 0.068 | 50.0   | 100.0  | -0.00069 | 42.5   | 92.5   | -0.04813 | -42.5  | 7.5    |
| 11     | 0.00350 | 0.067 | 50.0   | 100.0  | -0.00077 | 42.5   | 92.5   | -0.04912 | -42.5  | 7.5    |
| 12     | 0.00350 | 0.067 | 50.0   | 100.0  | -0.00075 | 42.5   | 92.5   | -0.04894 | -42.5  | 7.5    |
| 13     | 0.00350 | 0.067 | 50.0   | 100.0  | -0.00071 | 42.5   | 92.5   | -0.04847 | -42.5  | 7.5    |
| 14     | 0.00350 | 0.067 | 50.0   | 100.0  | -0.00071 | 42.5   | 92.5   | -0.04838 | -42.5  | 7.5    |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a          | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.00000000 | 0.000588182 | -0.055318152 | 0.064 | 0.700  |
| 2      | 0.00000000 | 0.000590685 | -0.055568541 | 0.064 | 0.700  |
| 3      | 0.00000000 | 0.000578345 | -0.054334479 | 0.065 | 0.700  |
| 4      | 0.00000000 | 0.000579954 | -0.054495444 | 0.065 | 0.700  |
| 5      | 0.00000000 | 0.000572622 | -0.053762161 | 0.066 | 0.700  |
| 6      | 0.00000000 | 0.000578345 | -0.054334479 | 0.065 | 0.700  |
| 7      | 0.00000000 | 0.000569223 | -0.053422347 | 0.066 | 0.700  |
| 8      | 0.00000000 | 0.000556346 | -0.052134630 | 0.068 | 0.700  |
| 9      | 0.00000000 | 0.000558492 | -0.052349250 | 0.068 | 0.700  |
| 10     | 0.00000000 | 0.000558135 | -0.052313480 | 0.068 | 0.700  |
| 11     | 0.00000000 | 0.000568866 | -0.053386577 | 0.067 | 0.700  |
| 12     | 0.00000000 | 0.000566898 | -0.053189842 | 0.067 | 0.700  |
| 13     | 0.00000000 | 0.000561801 | -0.052680121 | 0.067 | 0.700  |
| 14     | 0.00000000 | 0.000560818 | -0.052581754 | 0.067 | 0.700  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.40   | -50.0  | 100.0  | -15.8  | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.35   | -50.0  | 100.0  | -6.6   | -42.5  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.36   | -50.0  | 100.0  | -7.9   | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.36   | -50.0  | 100.0  | -7.7   | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 5      | S   | 0.37   | -50.0  | 100.0  | -13.7  | 0.0    | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 6      | S   | 0.34   | -50.0  | 100.0  | -10.8  | 0.0    | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 7      | S   | 0.34   | 50.0   | 100.0  | -8.1   | -42.5  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 8      | S   | 0.33   | -50.0  | 100.0  | -7.5   | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.36   | -50.0  | 100.0  | -13.6  | 0.0    | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 2      | S   | 0.34   | -50.0  | 100.0  | -8.3   | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 3      | S   | 0.34   | -50.0  | 100.0  | -9.3   | -42.5  | 7.5    | 1837    | 15.7    |
| 4      | S   | 0.35   | 50.0   | 100.0  | -10.1  | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica

|             |  |
|-------------|--|
| e1          | Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata   |
| e2          | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff   |
| k1          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  |
| kt          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr.eq.(7.9)EC2]  |
| k2          | = (e1 + e2)/(2*e1) [eq.(7.13)EC2]  |
| k3          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| k4          | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Ø           | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]   |
| Cf          | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]<br>Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max      | Massima distanza tra le fessure [mm]   |
| wk          | Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  |
| Mx fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  |
| My fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]  |

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00008 | 0  | 0.876 | 20.0 | 65 | 0.00004 (0.00004) | 918    | 0.037 (0.30) | 680.54  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 2     | S   | -0.00005 | 0  | 0.860 | 20.0 | 65 | 0.00003 (0.00003) | 905    | 0.023 (0.30) | 792.46  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 3     | S   | -0.00005 | 0  | 0.864 | 20.0 | 65 | 0.00003 (0.00003) | 908    | 0.025 (0.30) | 766.78  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |
| 4     | S   | -0.00006 | 0  | 0.867 | 20.0 | 65 | 0.00003 (0.00003) | 910    | 0.027 (0.30) | 748.75  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.23   | -50.0  | 100.0  | -5.1   | -21.3  | 7.5    | 1837    | 15.7    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00003 | 0  | 0.854 | 20.0 | 65 | 0.00002 (0.00002) | 900    | 0.014 (0.20) | 825.53  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

### 9.1.3.3 Verifica a taglio

Il taglio sollecitante massimo è ottenuto dalla section-cut V1 e risulta essere:

$$V_{ed} = 105.7kN$$

L'armatura trasversale è quindi costituita da spille  $\emptyset 12$  disposte con passo regolare su tutta l'estensione del muro a formare una maglia 40 x 20 cm.

Di seguito si riportano le verifiche:

#### Caratteristiche materiali

CIs

|           |       |                   |   |
|-----------|-------|-------------------|---|
| $R_{ck}$  | 40    | N/mm <sup>2</sup> | resistenza cubica caratteristica a compressione                   |
| $f_{ck}$  | 33.20 | N/mm <sup>2</sup> | resistenza cilindrica caratteristica a compressione               |
| $f_{cm}$  | 41.20 | N/mm <sup>2</sup> | resistenza cilindrica media a compressione                        |
| $f_{cd}$  | 22.13 | N/mm <sup>2</sup> | resistenza cilindrica di progetto a compressione                  |
| $f_{ctm}$ | 3.10  | N/mm <sup>2</sup> | resistenza a trazione media                                       |
| $f_{ctm}$ | 3.72  | N/mm <sup>2</sup> | resistenza a trazione media per fessurazione                      |
| $E_{cm}$  | 33643 | N/mm <sup>2</sup> | modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ ) |

Acciaio barre longitudinali

|          |       |                   |
|----------|-------|-------------------|
| $f_{yk}$ | 450   | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{yd}$ | 391.3 | N/mm <sup>2</sup> |

Acciaio staffe

|          |       |                   |
|----------|-------|-------------------|
| $f_{yk}$ | 450   | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{yd}$ | 391.3 | N/mm <sup>2</sup> |

Caratteristiche di aderenza delle barre

|          |      |   |
|----------|------|---|
| $\eta$   | 1.00 |   |
| $f_{bk}$ | 4.88 | N/mm <sup>2</sup> tensione di aderenza caratteristica |
| $f_{bd}$ | 3.25 | N/mm <sup>2</sup> tensione di aderenza di progetto    |

### Calcoli preliminari

|                   |        |                   |  |
|-------------------|--------|-------------------|--|
| $A_{sl}$          | 1570.8 | mm <sup>2</sup>   | area dell'armatura longitudinale                               |
| $\rho_l$          | 0.0023 |                   | rapporto geometrico d'armatura longitudinale                   |
| $\rho_{l,eff}$    | 0.0023 |                   | rapporto considerato nei calcoli                               |
| $\sigma_{cp}$     | 0.000  | N/mm <sup>2</sup> | tensione media di compressione nella sezione                   |
| $\sigma_{cp,eff}$ | 0.000  | N/mm <sup>2</sup> | tensione media considerata nei calcoli                         |
| $A_{sw}$          | 282.7  | mm <sup>2</sup>   | area della singola staffa (è considerato il numero di braccia) |

### Elemento armato a taglio

|             |        |                   |   |
|-------------|--------|-------------------|---|
| $\alpha$    | 1.571  | rad               | inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale                |
| $\theta$    | 0.384  | rad               | inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave |
| $f'_{cd}$   | 11.067 | N/mm <sup>2</sup> | resistenza a compressione ridotta del cls d'anima                 |
| $\alpha_c$  | 1.000  |                   | coefficiente maggiorativo per compressione                        |
| $N_{Rd}$    | 16622  | kN                | sforzo normale di compressione ultimo                             |
| $ctg\alpha$ | 0.00   |                   |   |
| $ctg\theta$ | 2.48   |                   |   |
| $V_{Rsd}$   | 412.8  | kN                | taglio resistente relativo alle armature tese                     |
| $V_{Rcd}$   | 1970.1 | kN<br>kN          | taglio resistente relativo alle bielle compresse                  |
| $V_{Rd}$    | 412.8  | kN                | taglio resistente di calcolo                                      |
| $V_{Ed}$    | 105.7  | kN                | sollecitazione di taglio da calcolo                               |
| $V_{Rd}$    | >      | $V_{Ed}$          |   |
| CS          | 3.906  |                   |   |

## 9.2 PLATEA DI FONDAZIONE

Per il dimensionamento e la verifica delle armature nelle due direzioni longitudinale e trasversale sono state analizzate due distinte sezioni di larghezza unitaria ed altezza pari a quella della platea di fondazione. Tali sezioni sono state verificate a flessione retta, secondo quanto riportato al punto 4.1.2.3.2.4 del DM 2018 e a taglio, secondo quanto riportato al punto 4.1.2.3.5 della medesima normativa. Tale procedimento consente di valutare la capacità resistente locale dell'elemento, trascurando, a vantaggio di sicurezza, la capacità di ridistribuire le sollecitazioni.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio, in assenza di armatura trasversale, si valuta come:

$$V_{Rd} = \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

dove:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}$$

$d$  è l'altezza utile della sezione

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ( $\leq 0.02$ )

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \cdot f_{cd}$ )

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm)

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio, in presenza di armatura trasversale, si valuta come:

$$V_{Rd} = \min \{ V_{Rsd}; V_{Rcd} \}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{t} \cdot f_{yd} \cdot (\cot g\alpha + \cot g\theta) \cdot \text{sen}\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \frac{A_{sw}}{t} \cdot (\cot g\alpha + \cot g\theta) / (1 + \cot g^2\theta)$$

dove:

$\theta$  è l'angolo di inclinazione del puntone compresso  $1 \leq \cot g\theta \leq 2.5$

$A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale

$s$  è l'interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale

$f'_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta  $f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$

$\alpha_c = 1$  per membrane non compresse

$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$  per  $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 f_{cd}$

1.25 per  $0.25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 f_{cd}$

$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$  per  $0.5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

A favore di sicurezza non si è considerato il contributo benefico della compressione, ed il coefficiente  $\alpha_c$  è stato assunto sempre pari a 1.

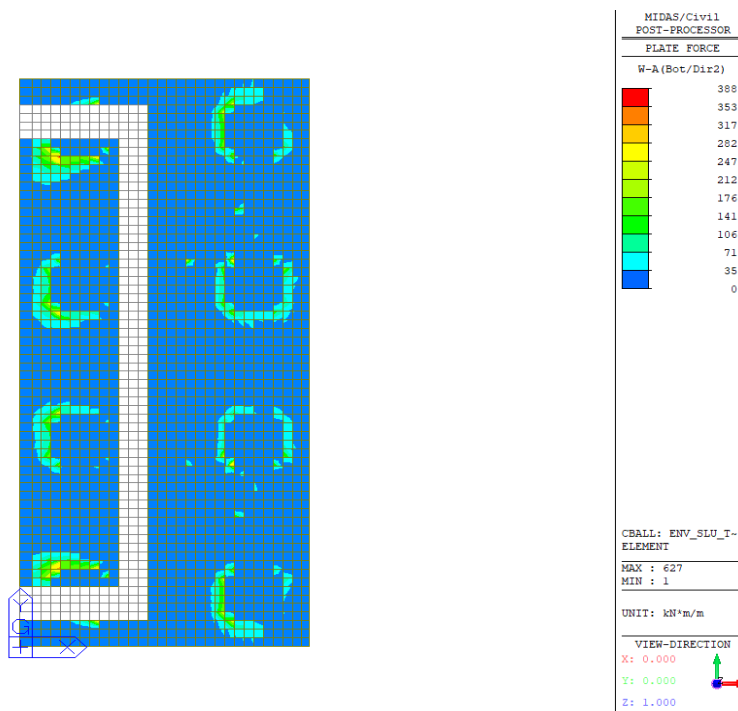
Per l'elemento in questione è stato considerato un comportamento non dissipativo.

## 9.2.1 Verifica a flessione

Le sollecitazioni utilizzate per le verifiche a flessione sono state ricavate con il metodo Wood-Armer, utilizzando gli involuppi di tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi. In particolare si è fatto riferimento alla massime sollecitazioni ottenute nei nodi centrali di tutti gli elementi "plate" che costituiscono la fondazione.

Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale delle sezioni in oggetto vengono effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC.

Si riportano di seguito i momenti flettenti Wood-Armer ottenuti in direzione longitudinale (Direzione 1) e trasversale (Direzione 2) per la superficie superiore (Top) e per quella inferiore (Bottom) della platea.



**Figura 155 – Involuppo SLU – W-A Moment Top Direzione 1**



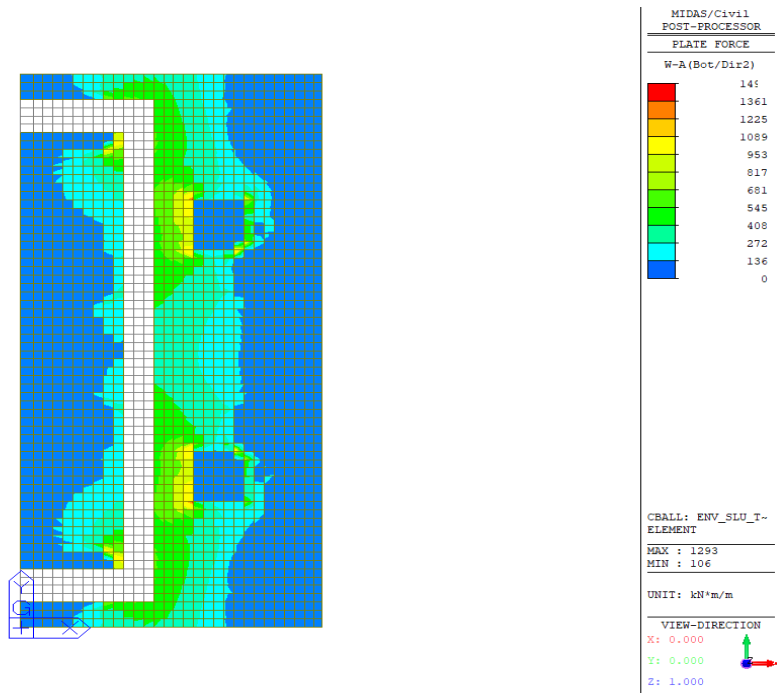


Figura 156 – Involuppo SLU – W-A Moment Bottom Direzione 1

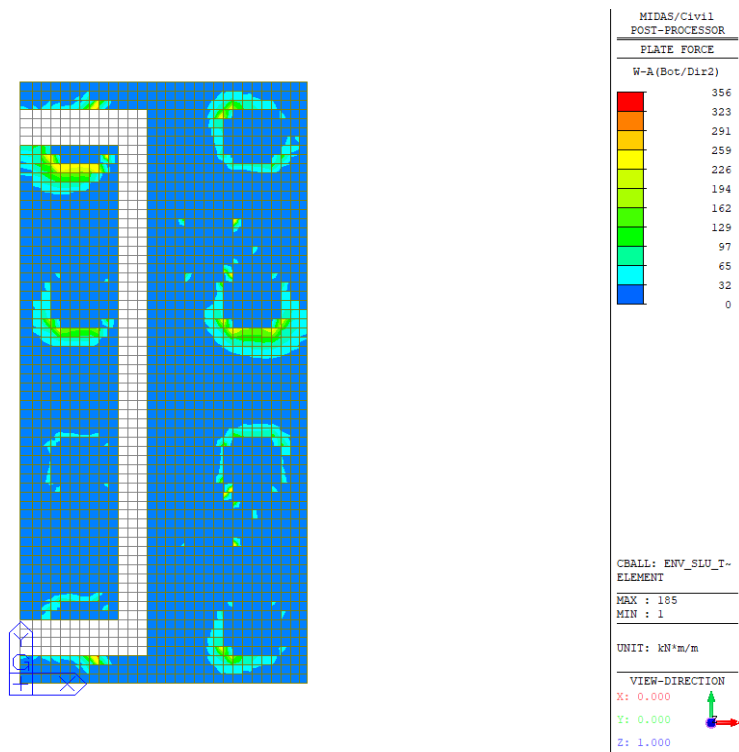


Figura 157 – Involuppo SLU – W-A Moment Top Direzione 2

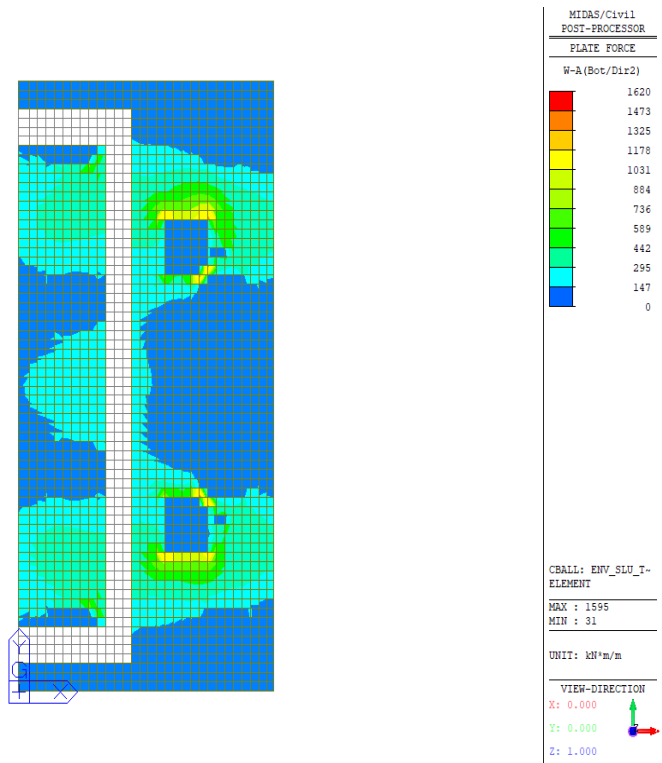


Figura 158 – Involuppo SLU – W-A Moment Bottom Direzione 2

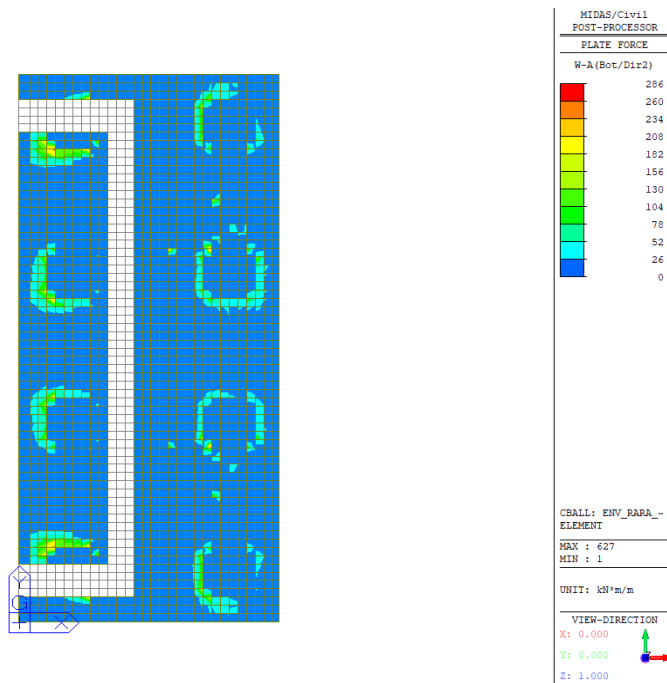


Figura 159 – Involuppo SLE Rara – W-A Moment Top Direzione 1

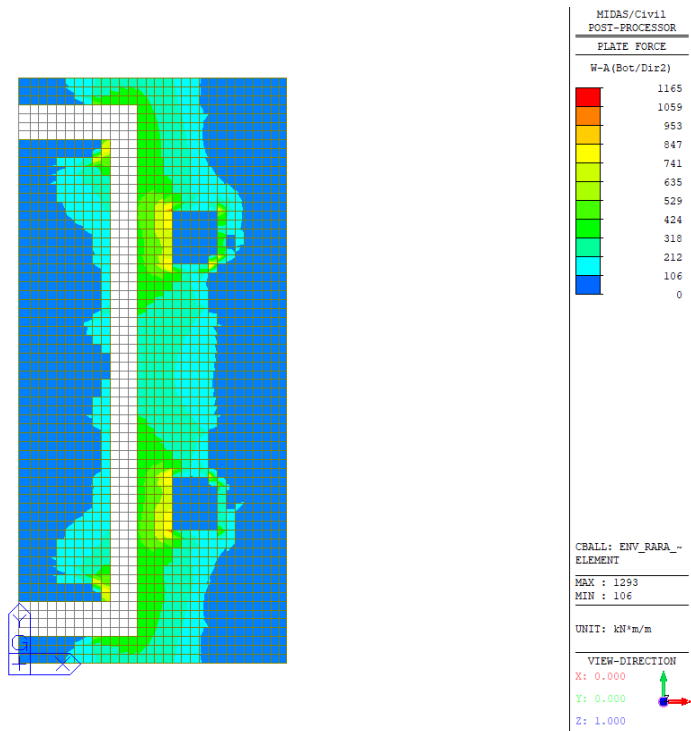


Figura 160 – Involuppo SLE Rara – W-A Moment Bottom Direzione 1

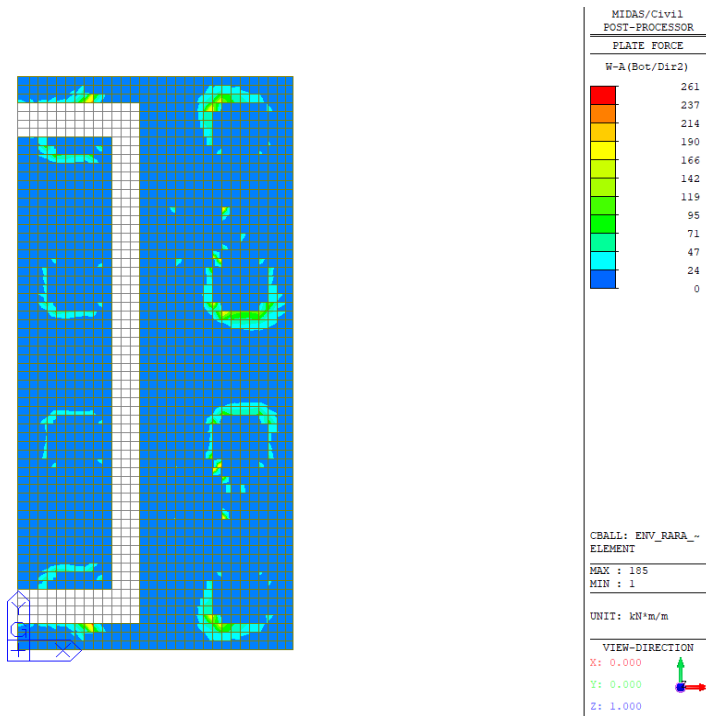


Figura 161 – Involuppo SLE Rara – W-A Moment Top Direzione 2

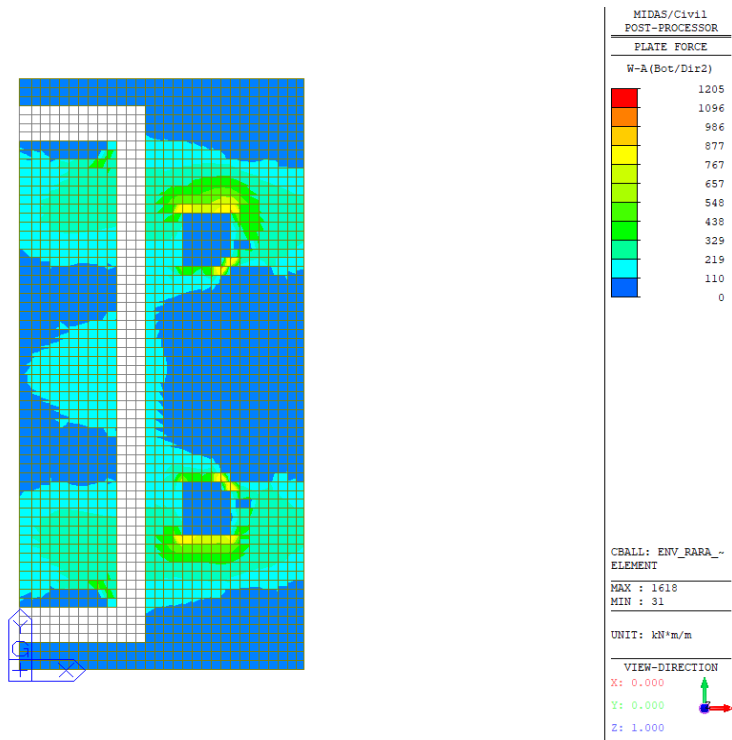


Figura 162 – Involuppo SLE Rara – W-A Moment Bottom Direzione 2

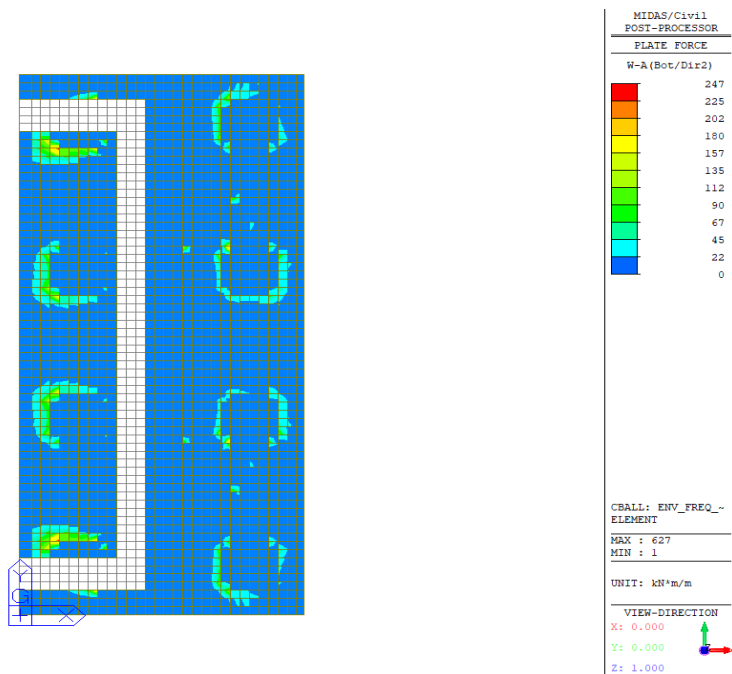


Figura 163 – Involuppo SLE Frequente – W-A Moment Top Direzione 1

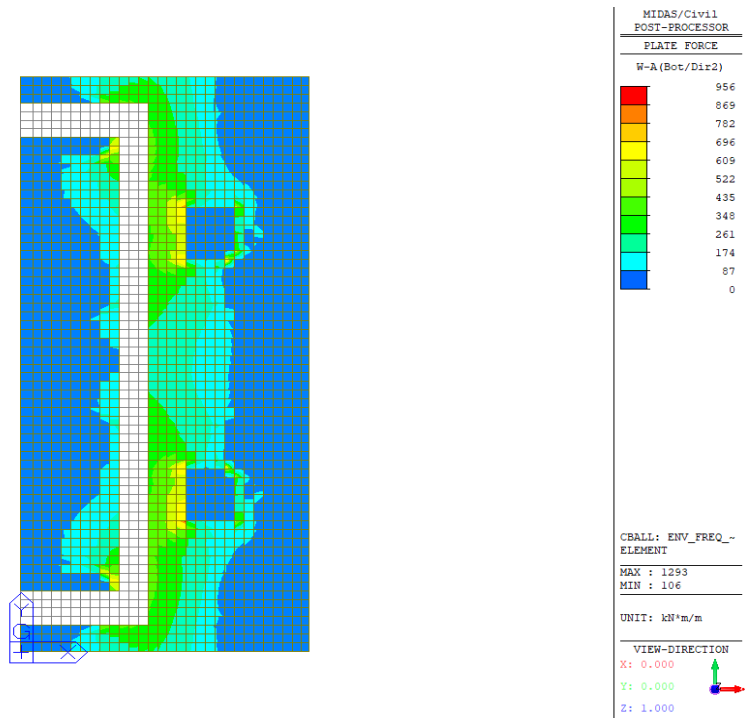


Figura 164 – Involuppo SLE Frequente – W-A Moment Bottom Direzione 1

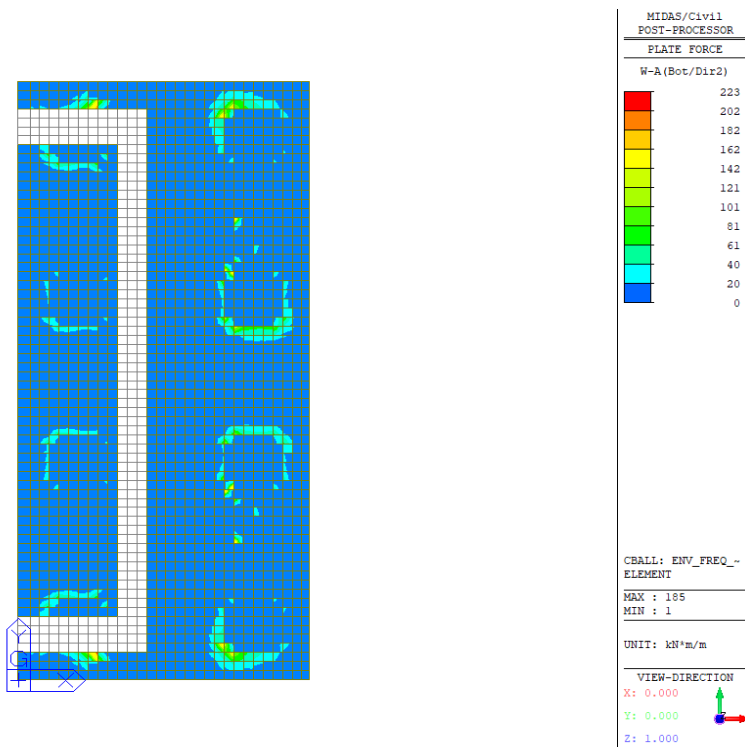


Figura 165 – Involuppo SLE Frequente – W-A Moment Top Direzione 2

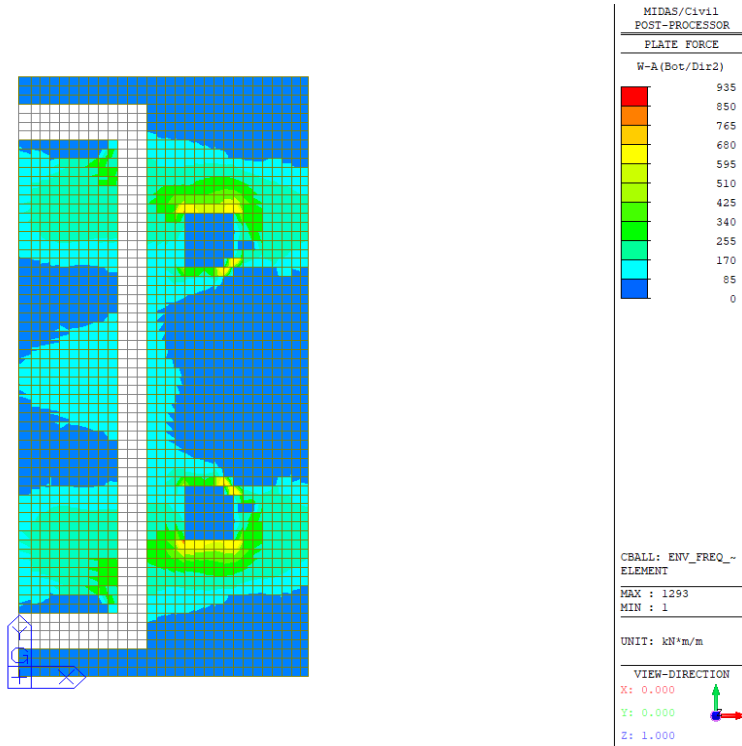


Figura 166 – Involuppo SLE Frequente – W-A Moment Bottom Direzione 2

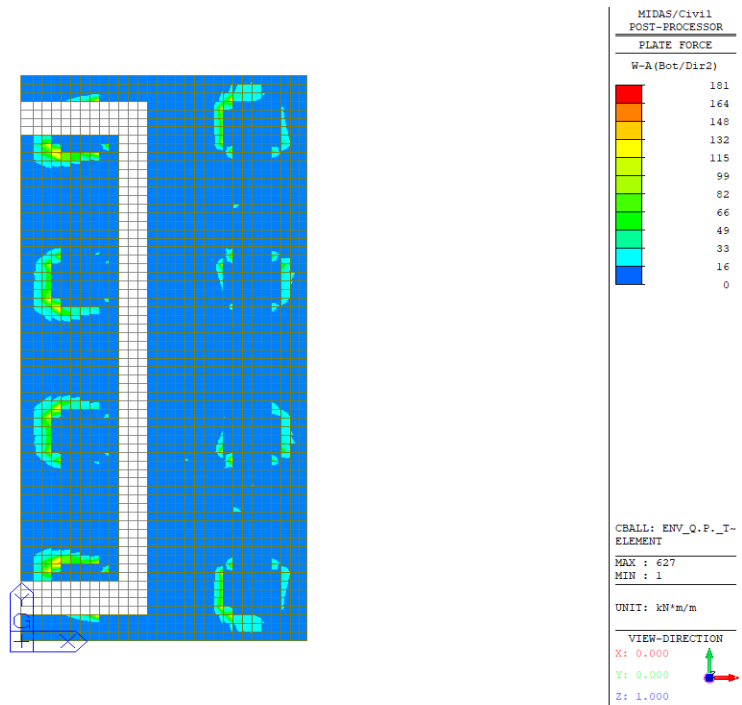


Figura 167 – Involuppo SLE Quasi Permanente – W-A Moment Top Direzione 1

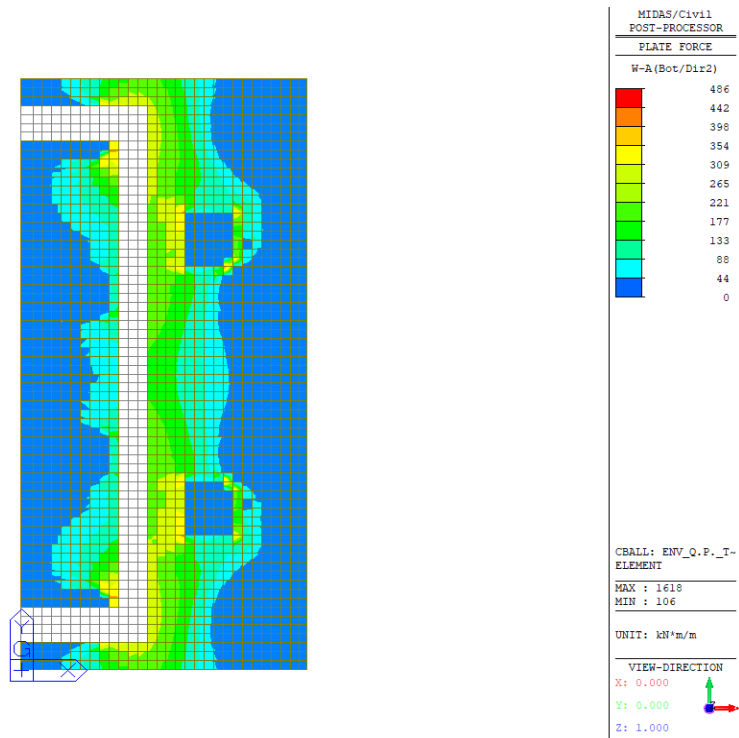


Figura 168 – Involuppo SLE Quasi Permanente – W-A Moment Bottom Direzione 1

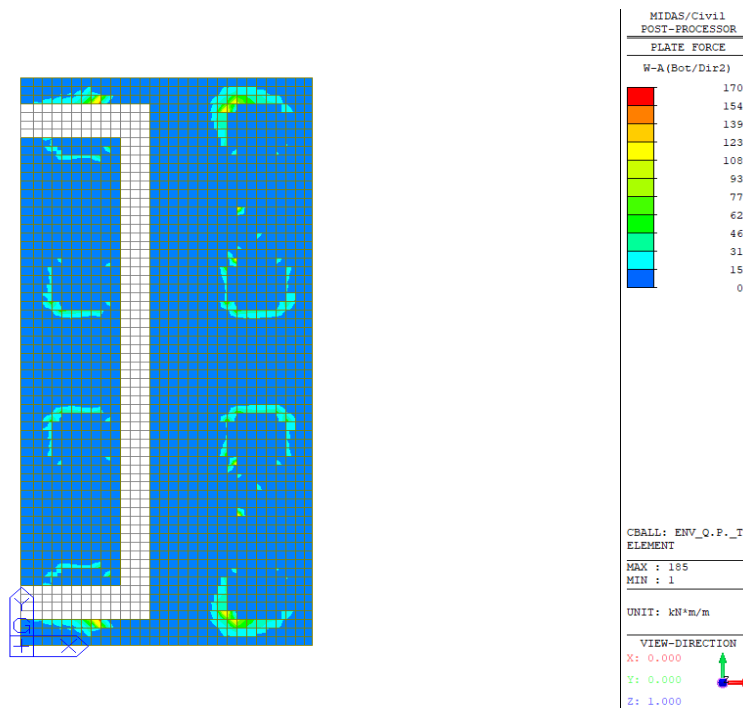


Figura 169 – Involuppo SLE Quasi Permanente – W-A Moment Top Direzione 2

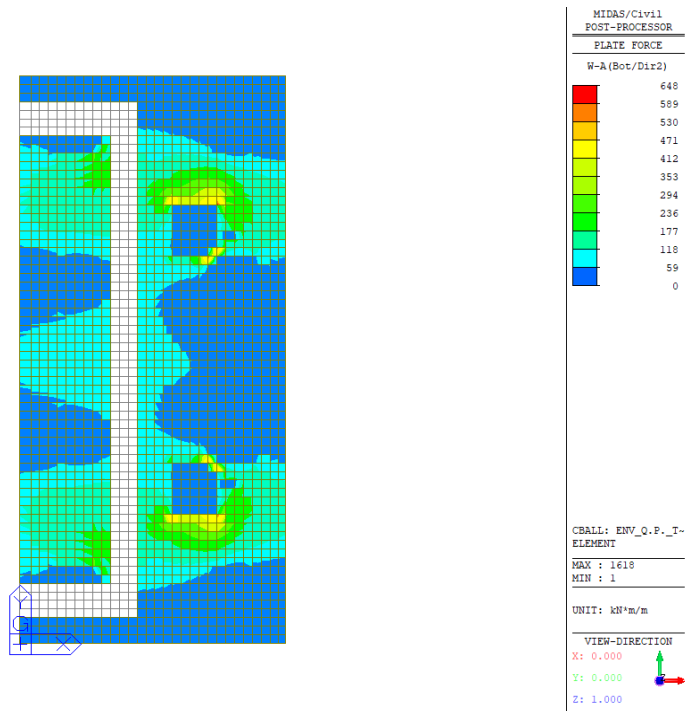


Figura 170 – Involuppo SLE Quasi Permanente – W-A Moment Bottom Direzione 2



### 9.2.1.1 Armatura in direzione longitudinale

L'armatura in direzione longitudinale della platea di fondazione è costituita da:

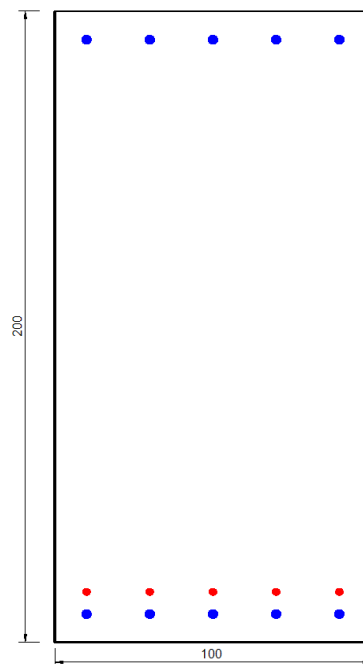
- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  superiormente
- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  + 1 strato di barre  $\varnothing 20/20''$  inferiormente

Si verifica la sezione maggiormente sollecitata, di dimensioni 1.00 x 2.00 m.

Si riassumono i risultati della verifica effettuata sulla sezione maggiormente sollecitata.

| Elemento   | Dir. | SLU/SLV | Rara             |                  | Freq   | Qp               |        | Arm. Superiore | Arm. Inferiore  |
|------------|------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|----------------|-----------------|
|            |      | CS      | $\sigma_s$ (Mpa) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) |                |                 |
| Fondazione | X    | 2.02    | -159.72          | 2.85             | 0.294  | 1.19             | 0.150  | 26/200         | 20/200 + 26/200 |

Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto (dimensioni 1.00 x 2.00 m) e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.



**Figura 171 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: SPB\_Platea\_trasv. X**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Descrizione Sezione:          |   |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi                             |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.  |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante   |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive   |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                                   |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                              |  |                             |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -               | Classe:  | C25/30                      |
|                              | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 14.2 MPa                    |
|                              | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020                      |
|                              | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035                      |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo         |
|                              | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 31475.0 MPa                 |
|                              | Resis. media a trazione fctm:                        | 2.56 MPa                    |
|                              | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00                       |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 15.0 MPa                    |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 15.0 MPa                    |
|                              | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300 mm                    |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 11.3 MPa                    |
|                              | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200 mm                    |
| ACCIAIO -                    | Tipo:  | B450C                       |
|                              | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0 MPa                   |
|                              | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0 MPa                   |
|                              | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3 MPa                   |
|                              | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3 MPa                   |
|                              | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068                       |
|                              | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito            |
|                              | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                        |
|                              | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                        |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 MPa   |                             |

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Calcestruzzo: | C25/30     |        |
| N°vertice:           | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | -50.0      | 0.0    |
| 2                    | -50.0      | 200.0  |
| 3                    | 50.0       | 200.0  |
| 4                    | 50.0       | 0.0    |

**DATI BARRE ISOLATE**

|         |        |        |           |
|---------|--------|--------|-----------|
| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
| 1       | -40.0  | 9.0    | 26        |
| 2       | -40.0  | 191.0  | 26        |

|   |       |       |    |
|---|-------|-------|----|
| 3 | 40.0  | 191.0 | 26 |
| 4 | 40.0  | 9.0   | 26 |
| 5 | 40.0  | 16.0  | 20 |
| 6 | -40.0 | 16.0  | 20 |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |
|--------------|---|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 26 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 26 |
| 3      | 5            | 6            | 3       | 20 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x  |

| N°Comb. | N    | Mx      | My   | Vy   | Vx   |
|---------|------|---------|------|------|------|
| 1       | 0.00 | -387.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 0.00 | 1497.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx      | My   |
|---------|------|---------|------|
| 1       | 0.00 | -286.40 | 0.00 |
| 2       | 0.00 | 1164.80 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx                 | My          |
|---------|------|--------------------|-------------|
| 1       | 0.00 | -247.20 (-1899.70) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 0.00 | 956.40 (1935.80)   | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx                 | My          |
|---------|------|--------------------|-------------|
| 1       | 0.00 | -180.90 (-1899.70) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 0.00 | 486.20 (1935.80)   | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

| N°Comb | Ver | N    | Mx      | My   | N Res | Mx Res   | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|------|---------|------|-------|----------|--------|----------|---------|
| 1      | S   | 0.00 | -387.80 | 0.00 | 0.00  | -1982.97 | 0.00   | 5.11     | 42.3    |
| 2      | S   | 0.00 | 1497.40 | 0.00 | 0.00  | 3022.18  | 0.00   | 2.02     | 42.3    |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.057 | -50.0  | 0.0    | 0.00060 | -40.0  | 9.0    | -0.05811 | -40.0  | 191.0  |
| 2      | 0.00350 | 0.059 | -50.0  | 200.0  | 0.00069 | -40.0  | 191.0  | -0.05607 | -40.0  | 9.0    |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

| N°Comb | a           | b            | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | -0.000322563 | 0.003500000  | 0.057 | 0.700  |
| 2      | 0.000000000 | 0.000311883  | -0.058876526 | 0.059 | 0.700  |

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.80   | 50.0   | 0.0    | -59.8  | 20.0   | 191.0  | 2250    | 26.5    |
| 2      | S   | 2.85   | -50.0  | 200.0  | -159.7 | 0.0    | 9.0    | 2838    | 42.3    |

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max             | wk | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------------------|----|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00032 | 0.00000 | 0.934 | 26.0 | 77 | 0.00018 (0.00018) | 961 0.173 (990.00) |    | -1899.70 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00085 | 0.00000 | 0.910 | 23.4 | 77 | 0.00048 (0.00048) | 748 0.358 (990.00) |    | 1935.80  | 0.00    |

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                        Esito della verifica  
e2                        Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
k1                        Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
k2                        = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                        = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                        =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
k3                        = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                        = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                         Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                        Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm          Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
sr max                Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
wk                        Massima distanza tra le fessure [mm]  
Mx fess.                Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \cdot max(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
My fess.                Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
                              Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.69   | -50.0  | 0.0    | -51.6  | 20.0   | 191.0  | 2250    | 26.5    |
| 2      | S   | 2.34   | 50.0   | 200.0  | -131.1 | -20.0  | 9.0    | 2838    | 42.3    |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00027 | 0.00000 | 0.934 | 26.0 | 77 | 0.00015 (0.00015) | 961    | 0.149 (0.30) | -1899.70 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00069 | 0.00000 | 0.910 | 23.4 | 77 | 0.00039 (0.00039) | 748    | 0.294 (0.30) | 1935.80  | 0.00    |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.50   | -50.0  | 0.0    | -37.8  | 20.0   | 191.0  | 2250    | 26.5    |
| 2      | S   | 1.19   | 50.0   | 200.0  | -66.7  | -40.0  | 9.0    | 2838    | 42.3    |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00020 | 0.00000 | 0.934 | 26.0 | 77 | 0.00011 (0.00011) | 961    | 0.109 (0.20) | -1899.70 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00035 | 0.00000 | 0.910 | 23.4 | 77 | 0.00020 (0.00020) | 748    | 0.150 (0.20) | 1935.80  | 0.00    |

### 9.2.1.2 Armatura in direzione trasversale

L'armatura in direzione trasversale della platea di fondazione è costituita da:

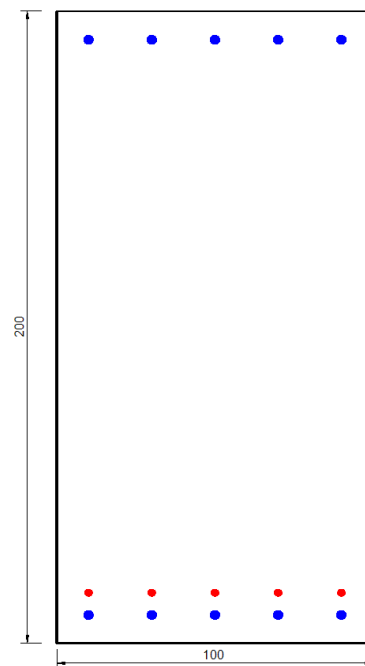
- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  superiormente
- 1 strato di barre  $\varnothing 26/20''$  + 1 strato di barre  $\varnothing 20/20''$  inferiormente

Si verifica la sezione maggiormente sollecitata, di dimensioni 1.00 x 2.00 m.

Si riassumono i risultati della verifica effettuata sulla sezione maggiormente sollecitata.

| Elemento   | Dir. | SLU/SLV | Rara             |                  | Freq   | Qp               |        | Arm. Superiore | Arm. Inferiore  |
|------------|------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|----------------|-----------------|
|            |      | CS      | $\sigma_s$ (Mpa) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) | $\sigma_c$ (Mpa) | w (mm) |                |                 |
| Fondazione | Y    | 1.87    | -165.28          | 2.95             | 0.288  | 0.51             | 0.199  | 26/200         | 20/200 + 26/200 |

Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto (dimensioni 1.00 x 2.00 m) e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.



**Figura 172 – Sezione implementata in RC-SEC**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: SPB\_Platea\_long.Y**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Descrizione Sezione:          |   |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi                             |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.  |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante   |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive   |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                                   |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche  |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                              |  |                             |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -               | Classe:  | C25/30                      |
|                              | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 14.2 MPa                    |
|                              | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020                      |
|                              | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035                      |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo         |
|                              | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 31475.0 MPa                 |
|                              | Resis. media a trazione fctm:                        | 2.56 MPa                    |
|                              | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00                       |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 15.0 MPa                    |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 15.0 MPa                    |
|                              | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300 mm                    |
|                              | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 11.3 MPa                    |
|                              | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200 mm                    |
| ACCIAIO -                    | Tipo:  | B450C                       |
|                              | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0 MPa                   |
|                              | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0 MPa                   |
|                              | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3 MPa                   |
|                              | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3 MPa                   |
|                              | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068                       |
|                              | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito            |
|                              | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                        |
|                              | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                        |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 MPa   |                             |

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Calcestruzzo: | C25/30     |        |
| N°vertice:           | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | -50.0      | 0.0    |
| 2                    | -50.0      | 200.0  |
| 3                    | 50.0       | 200.0  |
| 4                    | 50.0       | 0.0    |

**DATI BARRE ISOLATE**

|         |        |        |           |
|---------|--------|--------|-----------|
| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
| 1       | -40.0  | 9.0    | 26        |
| 2       | -40.0  | 191.0  | 26        |



|   |       |       |    |
|---|-------|-------|----|
| 3 | 40.0  | 191.0 | 26 |
| 4 | 40.0  | 9.0   | 26 |
| 5 | 40.0  | 16.0  | 20 |
| 6 | -40.0 | 16.0  | 20 |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |   |
|--------------|---|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 26 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 26 |
| 3      | 5            | 6            | 3       | 20 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x  |

| N°Comb. | N    | Mx      | My   | Vy   | Vx   |
|---------|------|---------|------|------|------|
| 1       | 0.00 | -400.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 0.00 | 1619.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx      | My   |
|---------|------|---------|------|
| 1       | 0.00 | -295.00 | 0.00 |
| 2       | 0.00 | 1205.30 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx                 | My          |
|---------|------|--------------------|-------------|
| 1       | 0.00 | -244.00 (-1899.70) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 0.00 | 935.00 (1935.80)   | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx                 | My          |
|---------|------|--------------------|-------------|
| 1       | 0.00 | -182.30 (-1899.70) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 0.00 | 647.70 (1935.80)   | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa.

| N°Comb | Ver | N    | Mx      | My   | N Res | Mx Res   | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|------|---------|------|-------|----------|--------|----------|---------|
| 1      | S   | 0.00 | -400.70 | 0.00 | 0.00  | -1982.97 | 0.00   | 4.95     | 42.3    |
| 2      | S   | 0.00 | 1619.90 | 0.00 | 0.00  | 3022.18  | 0.00   | 1.87     | 42.3    |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.057 | -50.0  | 0.0    | 0.00060 | -40.0  | 9.0    | -0.05811 | -40.0  | 191.0  |
| 2      | 0.00350 | 0.059 | -50.0  | 200.0  | 0.00069 | -40.0  | 191.0  | -0.05607 | -40.0  | 9.0    |

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

| N°Comb | a           | b            | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | -0.000322563 | 0.003500000  | 0.057 | 0.700  |
| 2      | 0.000000000 | 0.000311883  | -0.058876526 | 0.059 | 0.700  |

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.82   | -50.0  | 0.0    | -61.6  | 20.0   | 191.0  | 2250    | 26.5    |
| 2      | S   | 2.95   | -50.0  | 200.0  | -165.3 | 20.0   | 9.0    | 2838    | 42.3    |

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max             | wk | Mx fess. | My fess. |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------------------|----|----------|----------|
| 1     | S   | -0.00033 | 0.00000 | 0.934 | 26.0 | 77 | 0.00018 (0.00018) | 961 0.178 (990.00) |    | -1899.70 | 0.00     |
| 2     | S   | -0.00088 | 0.00000 | 0.910 | 23.4 | 77 | 0.00050 (0.00050) | 748 0.371 (990.00) |    | 1935.80  | 0.00     |

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                      Esito della verifica  
e2                      Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
k1                      Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
k2                      = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
k3                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k4                      =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
Ø                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Cf                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
e sm - e cm          Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
sr max                Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
wk                      Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Mx fess.              Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
My fess.              Massima distanza tra le fessure [mm]  
                         Apertura fessure in mm calcolata =  $sr_{max} \cdot (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
                         Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
                         Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.68   | 50.0   | 0.0    | -51.0  | -40.0  | 191.0  | 2250    | 26.5    |
| 2      | S   | 2.29   | 50.0   | 200.0  | -128.2 | -40.0  | 9.0    | 2838    | 42.3    |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00027 | 0.00000 | 0.934 | 26.0 | 77 | 0.00015 (0.00015) | 961    | 0.147 (0.30) | -1899.70 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00068 | 0.00000 | 0.910 | 23.4 | 77 | 0.00038 (0.00038) | 748    | 0.288 (0.30) | 1935.80  | 0.00    |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.51   | -50.0  | 0.0    | -38.1  | 20.0   | 191.0  | 2250    | 26.5    |
| 2      | S   | 1.59   | -50.0  | 200.0  | -88.8  | 0.0    | 9.0    | 2838    | 42.3    |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00020 | 0.00000 | 0.934 | 26.0 | 77 | 0.00011 (0.00011) | 961    | 0.110 (0.20) | -1899.70 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00047 | 0.00000 | 0.910 | 23.4 | 77 | 0.00027 (0.00027) | 748    | 0.199 (0.20) | 1935.80  | 0.00    |

### 9.2.2 Verifica a taglio

La verifica a taglio della platea di fondazione è stata effettuata in accordo con quanto esposto nel §9.2 della presente relazione. Si riportano, nelle figure seguenti, i diagrammi del taglio relativi all'involuppo delle combinazioni SLU e SLV.

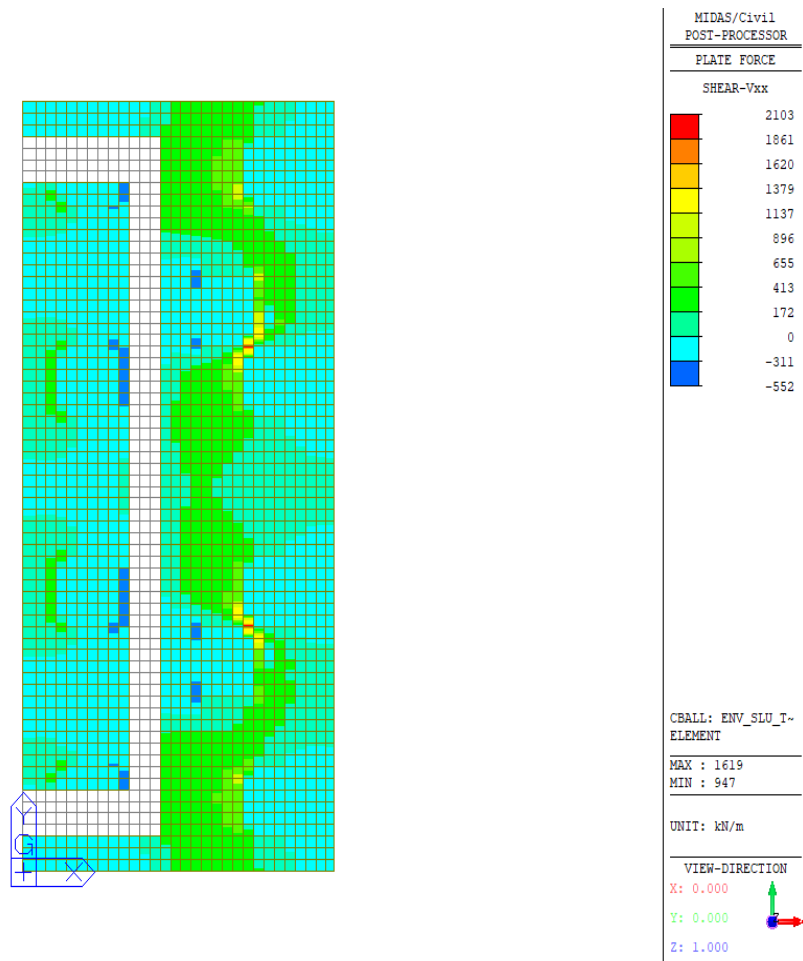
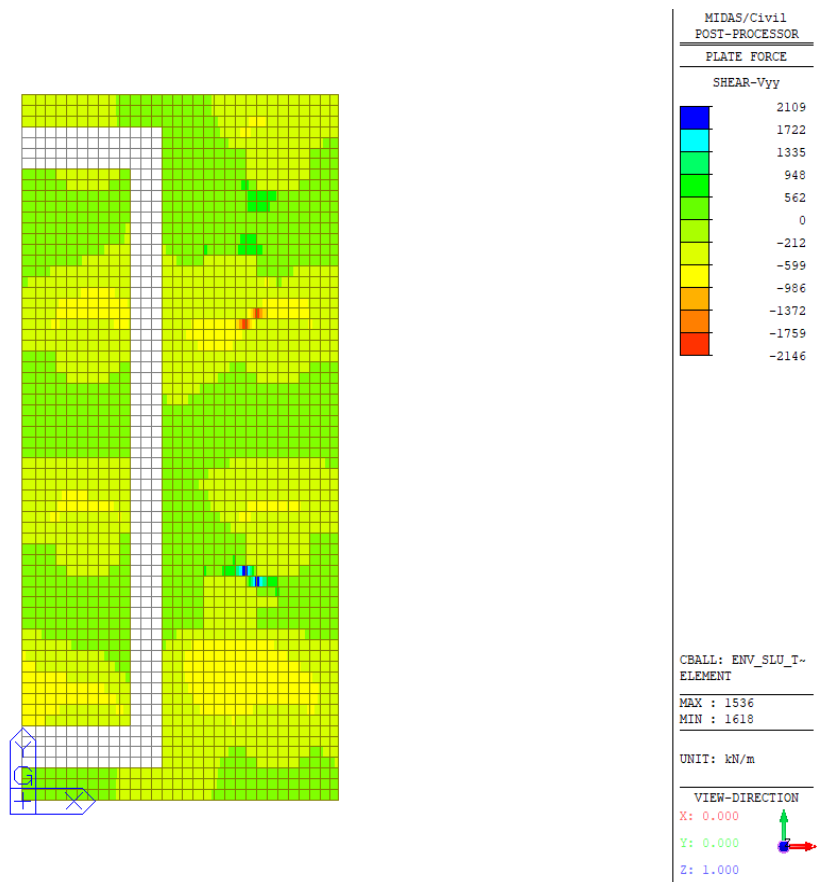


Figura 173 – Involuppo SLU - Vxx



**Figura 174 – Involuppo SLU - Vyy**

La verifica è stata effettuata nei confronti del valore massimo di taglio  $V_{Ed,max}$ , ottenuto dall'involuppo delle combinazioni SLU e SLV.

In particolar modo, per ogni elemento plate è stato calcolato il taglio di progetto come:

$$V_{Ed,max} = \sqrt{V_{xx}^2 + V_{yy}^2}$$

dove  $V_{xx}$  è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse x locale dell'elemento plate, mentre  $V_{yy}$  è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse y. Mediando le zone puntuali su una larghezza opportuna, si ottiene:

$$V_{Ed,max} = 1346.0 \text{ kN/m}$$

L'armatura resistente a taglio è costituita da spille  $\varnothing 16$  disposte secondo una maglia di dimensioni 40 x 40 cm. Di seguito si riporta la verifica svolta considerando una sezione di larghezza unitaria ed altezza pari a quella della platea di fondazione.

### Caratteristiche materiali

#### Cls

|           |       |          |   |
|-----------|-------|----------|---|
| $R_{ck}$  | 30    | $N/mm^2$ | resistenza cubica caratteristica a compressione                   |
| $f_{ck}$  | 24.90 | $N/mm^2$ | resistenza cilindrica caratteristica a compressione               |
| $f_{cm}$  | 32.90 | $N/mm^2$ | resistenza cilindrica media a compressione                        |
| $f_{cd}$  | 16.60 | $N/mm^2$ | resistenza cilindrica di progetto a compressione                  |
| $f_{ctm}$ | 2.56  | $N/mm^2$ | resistenza a trazione media                                       |
| $f_{ctm}$ | 3.07  | $N/mm^2$ | resistenza a trazione media per fessurazione                      |
| $E_{cm}$  | 31447 | $N/mm^2$ | modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ ) |

#### Acciaio barre longitudinali

|          |       |          |
|----------|-------|----------|
| $f_{yk}$ | 450   | $N/mm^2$ |
| $f_{yd}$ | 391.3 | $N/mm^2$ |

#### Acciaio staffe

|          |       |          |
|----------|-------|----------|
| $f_{yk}$ | 450   | $N/mm^2$ |
| $f_{yd}$ | 391.3 | $N/mm^2$ |

#### Caratteristiche di aderenza delle barre

|          |      |                   |                                     |
|----------|------|-------------------|-------------------------------------|
| $\eta$   | 1.00 |                   |                                     |
| $f_{bk}$ | 4.03 | N/mm <sup>2</sup> | tensione di aderenza caratteristica |
| $f_{bd}$ | 2.69 | N/mm <sup>2</sup> | tensione di aderenza di progetto    |

#### Calcoli preliminari

|                   |        |                   |  |
|-------------------|--------|-------------------|--|
| $A_{sl}$          | 2654.6 | mm <sup>2</sup>   | area dell'armatura longitudinale                               |
| $\rho_l$          | 0.0014 |                   | rapporto geometrico d'armatura longitudinale                   |
| $\rho_{l,eff}$    | 0.0014 |                   | rapporto considerato nei calcoli                               |
| $\sigma_{cp}$     | 0.000  | N/mm <sup>2</sup> | tensione media di compressione nella sezione                   |
| $\sigma_{cp,eff}$ | 0.000  | N/mm <sup>2</sup> | tensione media considerata nei calcoli                         |
| $A_{sw}$          | 502.7  | mm <sup>2</sup>   | area della singola staffa (è considerato il numero di braccia) |

#### Elemento armato a taglio

|             |        |                   |   |   |
|-------------|--------|-------------------|---|---|
| $\alpha$    | 1.571  | rad               | inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale                |   |
| $\theta$    | 0.384  | rad               | inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave |   |
| $f'_{cd}$   | 8.300  | N/mm <sup>2</sup> | resistenza a compressione ridotta del cls d'anima                 |   |
| $\alpha_c$  | 1.000  |                   | coefficiente maggiorativo per compressione                        |   |
| $N_{Rd}$    | 33200  | kN                | sforzo normale di compressione ultimo                             |   |
| $ctg\alpha$ | 0.00   |                   |   |   |
| $ctg\theta$ | 2.48   |                   |   |   |
| $V_{Rsd}$   | 2098.7 | kN                | taglio resistente relativo alle armature tese                     |   |
| $V_{Rcd}$   | 4225.5 | kN                | taglio resistente relativo alle bielle compresse                  |   |
| $V_{Rd}$    | 2098.7 | kN                | taglio resistente di calcolo                                      | > 1347.7 kN sollecitazione di taglio da calcolo |



### 9.2.3 Verifica a taglio-punzonamento

Le verifiche a punzonamento sono state condotte secondo le formulazioni dell'Eurocodice 2, par. 6.4. Il punzonamento può essere determinato dalla reazione concentrata del palo agente su un'area relativamente piccola di plinto.

Il procedimento di calcolo per il taglio-punzonamento si fonda sulle verifiche alla faccia del palo e al perimetro di verifica di base  $u_1$ . Si definiscono le seguenti tensioni di taglio di progetto lungo le sezioni di verifica:

- $v_{Rd,c}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra, priva di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata;
- $v_{Rd,cs}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra dotata di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata.

L'armatura per il taglio-punzonamento non è necessaria se:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

Se  $v_{Ed}$  supera il valore  $v_{Rd,c}$  si deve disporre armatura specifica per il taglio-punzonamento e deve risultare:

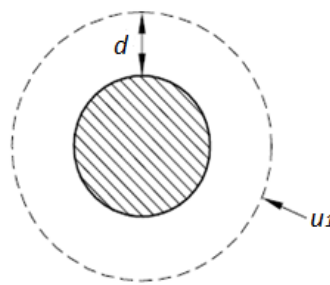
$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$$

La tensione massima di taglio, nel caso generale di reazione d'appoggio eccentrica rispetto al perimetro di verifica, è pari a:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

dove:

- $d$  è l'altezza utile media della piastra;
- $u_1$  è la lunghezza del perimetro di verifica;
- $V_{Ed}$  è il taglio agente;
- $\beta$  è un coefficiente assunto pari ad 1.



**Figura 175 – Perimetro di verifica**

Secondo quanto riportato al §6.4.2 dell'Eurocodice 2 il perimetro di verifica di base  $u_1$  può generalmente essere collocato a una distanza  $2.0 d$  dall'area caricata. Tuttavia, considerando lo spessore elevato della platea di fondazione e, a favore di sicurezza, tale perimetro è stato collocato ad una distanza  $d$  dal bordo del palo.

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,c}$  per una piastra priva di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

dove:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0 d$
- $\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0.02$ , dove  $\rho_{ly}$  e  $\rho_{lz}$  sono riferiti all'acciaio teso aderente rispettivamente nelle direzioni  $y$  e  $z$
- $\sigma_{cp} = 0$

- $C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$
- $k_1 = 1$
- $v_{min} = 0.035 k_1^2 \sqrt{f_{ck}}$

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,cs}$  per una piastra munita di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$

dove:

- $A_{sw}$  è l'area di armatura a taglio-punzonamento situata su di un perimetro intorno al pilastro;
- $s_r$  è il passo dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento;
- $f_{ywd,ef}$  è la resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento, secondo la relazione  $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$ ;
- $\alpha$  è l'angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra (pari a 90° nel caso di armatura verticale).

Inoltre, in adiacenza ai pilastri la resistenza a taglio-punzonamento è limitata a un valore massimo di:

$$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max}$$

dove:

- $u_0$  è il perimetro del pilastro;
- $v_{Rd,max} = 0.5 v f_{cd}$
- $v = 0.6 (1 - f_{ck}/250)$

La verifica è stata condotta in corrispondenza del palo più sollecitato, per lo sforzo assiale massimo ottenuto dall'involuppo delle combinazioni di carico SLU e SLV. A tale sforzo, ricavato direttamente dal modello di calcolo descritto nei paragrafi precedenti, è stato sottratto il contributo della platea di fondazione e del terreno di riempimento della spalla.

$$V_{Ed} = 2173.37 \text{ kN}$$

Dalla verifica sono stati esclusi i pali posti in corrispondenza del muro frontale e dei muri andatori, per i quali non si ha il rischio di rottura per punzonamento.

Caratteristiche materiali

|     |      |                   |                                   |
|-----|------|-------------------|-----------------------------------|
| Rck | 30   | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza caratt. cubica cls     |
| fck | 25   | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza caratt. cilindrica cls |
| γc  | 1.5  |                   | Coefficiente sicurezza cls        |
| τrd | 0.30 | N/mm <sup>2</sup> | Resist. unit. a taglio            |
| fyk | 450  | N/mm <sup>2</sup> | Tensione di snervamento acciaio   |
| γs  | 1.15 |                   | Coefficiente di sicurezza acciaio |

Armatura tesa

|                |       |                    |                              |
|----------------|-------|--------------------|------------------------------|
| A <sub>x</sub> | 27.53 | cm <sup>2</sup> /m | Armatura tesa in direzione x |
| A <sub>y</sub> | 27.53 | cm <sup>2</sup> /m | Armatura tesa in direzione y |

Impronta di carico

|   |         |    |  |
|---|---------|----|--|
| a | 50      | cm | (a = raggio per sezioni circolari)             |
| h | 200     | cm | Altezza plinto                                 |
| d | 190.825 | cm | Altezza utile                                  |
| β | 1       |    | Coeff. che tiene conto eccentricità del carico |

|                |         |    |                               |
|----------------|---------|----|-------------------------------|
| u <sub>1</sub> | 1575.98 | cm | Perimetro di verifica di base |
| u <sub>0</sub> | 314.16  | cm | Perimetro dell'area caricata  |
| k              | 1.32    |    | Coefficiente                  |
| pl             | 0.0014  |    | Percentuale di armatura tesa  |

Tensione massima di taglio

|                 |         |                   |   |
|-----------------|---------|-------------------|---|
| V <sub>ed</sub> | 2173.37 | kN                | Reazione agli SLU                       |
| V <sub>ed</sub> | 137.91  | kN/m              | Taglio applicato per unità di lunghezza |
| ved             | 0.07    | N/mm <sup>2</sup> | Tensione di taglio agente               |

Resistenza a punzonamento offerta dal solo calcestruzzo immediatamente a ridosso del palo

|                    |       |                   |                                       |
|--------------------|-------|-------------------|---------------------------------------|
| ved                | 0.36  | N/mm <sup>2</sup> | Tensione di taglio a rifosso del palo |
| vr <sub>dmax</sub> | 3.83  | N/mm <sup>2</sup> | Tensione resistente massima           |
| Verifica           | ok    |                   |                                       |
| F <sub>s</sub>     | 10.55 |                   |                                       |

Resistenza a punz. per unità di lungh. senza armatura a taglio

|                   |        |                   |   |
|-------------------|--------|-------------------|---|
| V <sub>Rd,c</sub> | 0.27   | N/mm <sup>2</sup> | Tensione resistente senza armatura a taglio |
| v <sub>min</sub>  | 0.27   | N/mm <sup>2</sup> |   |
| V <sub>Rd</sub>   | 508.60 | kN/m              | Taglio resistente per unità di lunghezza    |
| Verifica          | ok     |                   |   |
| F <sub>s</sub>    | 3.69   |                   |   |

## 9.3 BAGGIOLI E RITEGNI SISMICI

### 9.3.1 Verifica dei ritegni sismici trasversali

Per ogni spalla del viadotto sono presenti due ritegni sismici trasversali.

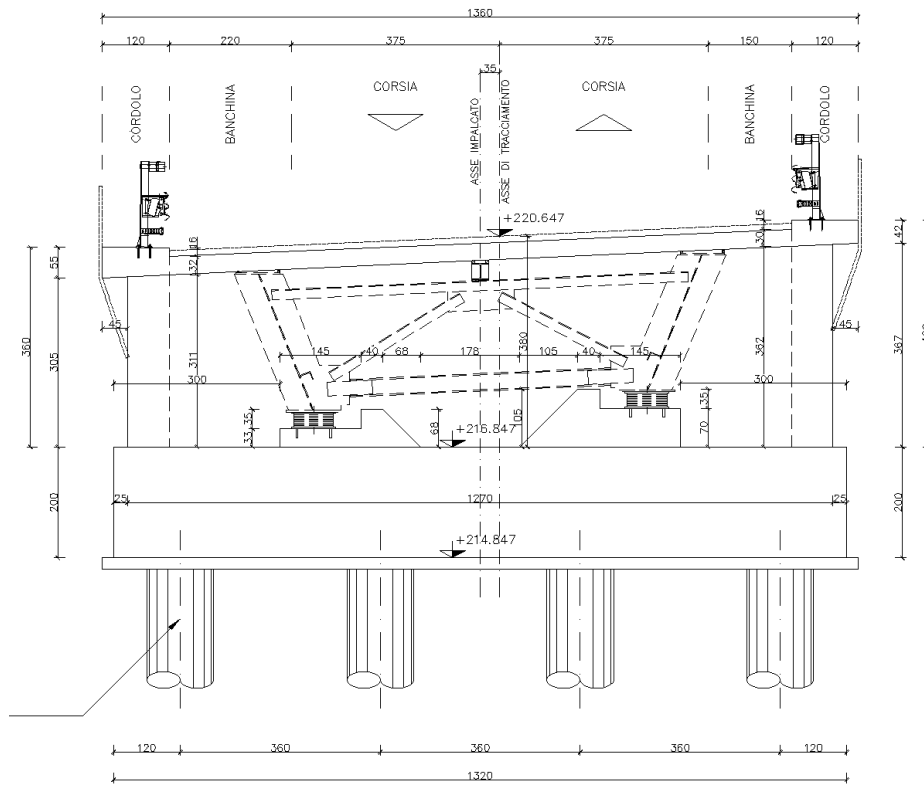
Sono stati verificati i ritegni sismici della spalla B poiché rappresentano i casi limite di altezza massima e minima tra tutti quelli delle due spalle.

Le sollecitazioni maggiormente gravose con le quali dimensionare le armature dei ritegni sismici trasversali consiste nel taglio massimo trasversale tra le due spalle, ricavato a partire dagli scarichi degli isolatori:

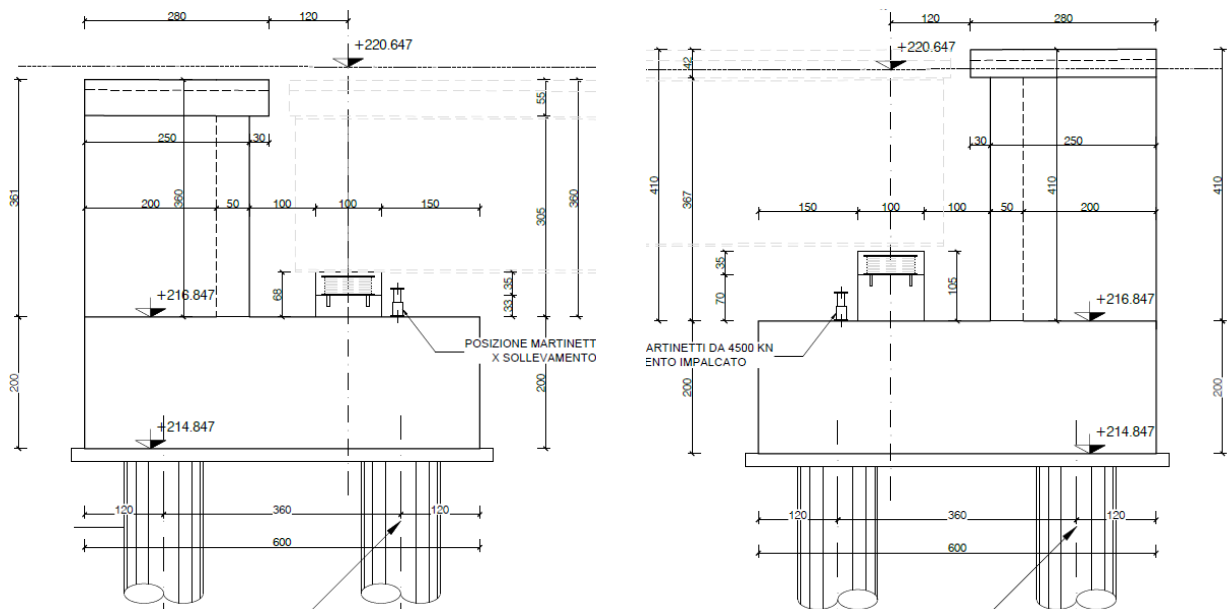
$$V_{Ed} = 496.6 \text{ kN}$$

La forza trasversale trasmessa dall'impalcato al ritegno sismico verrà ripartita su tutta la lunghezza del singolo ritegno trasversale e si ipotizza che sia applicata a circa metà dell'altezza dell'appoggio.

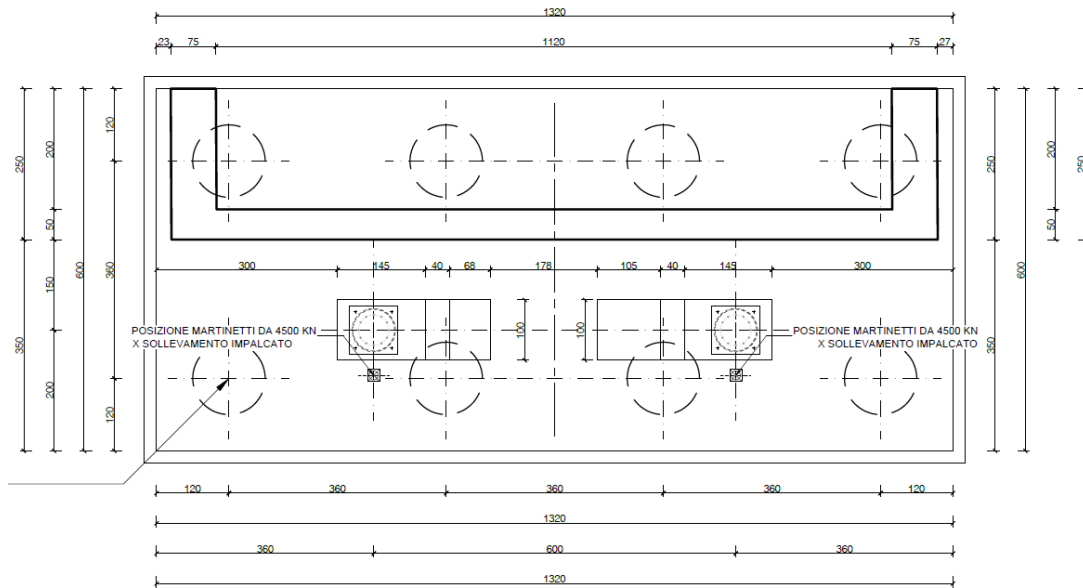
A titolo di esempio si riporta nelle figure che seguono la carpenteria per i due ritegni della spalla B.



**Figura 176 - Prospetto trasversale spalla B**



**Figura 177 - Prospetto longitudinale spalla B**



**Figura 178 - Pianta spiccatto fondazione spalla B**

Si riporta di seguito la geometria della mensola tozza ed il meccanismo di tirante e puntone resistente assunto per la verifica dell'elemento stesso.



## Ritegno sismico trasversale di altezza minima

### DATI DI INPUT

#### 1) Resistenze materiali

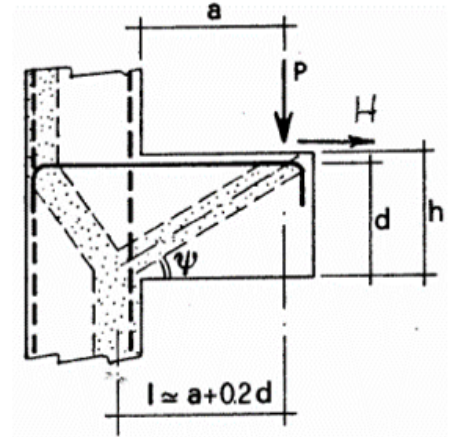
|                                    |     |        |     |
|------------------------------------|-----|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | fck | 35     | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | fcd | 19.83  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | fyd | 391.30 | MPa |

#### 2) Carichi agenti

|                    |     |     |    |
|--------------------|-----|-----|----|
| Carico verticale   | Ped | 497 | kN |
| Carico orizzontale | Hed | 0   | kN |

#### 3) Geometria della mensola

|                                    |           |       |     |
|------------------------------------|-----------|-------|-----|
| Altezza mensola                    | hc        | 1080  | mm  |
| Lunghezza della mensola            | lc        | 680   | mm  |
| Distanza di applicazione carico    | a         | 505   | mm  |
| Profondità mensola                 | b         | 1000  | mm  |
| Copriferro netto + staffa esterna  | c         | 70    | mm  |
| Copriferro da asse tirante         | c tir     | 80    | mm  |
| Altezza utile tirante superiore    | d         | 1000  | mm  |
| Braccio delle forze interne (0.9d) | z         | 900   | mm  |
| Proiezione orizzontale del puntone | l         | 705   | mm  |
| ctg $\psi$                         | $\lambda$ | 0.783 |     |
| Inclinazione puntone               | $\psi$    | 0.906 | rad |



### RESISTENZE E VERIFICHE

#### 1) Tirante

|                                   |          |          |                 |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | $\phi$   | 20       | mm              |
| Numero di barre per strato        | n strato | 8        |                 |
| Numero strati                     | strati   | 1        |                 |
| Numero totale di barre            | n tot    | 8        |                 |
| Area barre                        | As       | 2513.274 | mm <sup>2</sup> |

|                           |           |         |    |
|---------------------------|-----------|---------|----|
| Resistenza tirante        | PRs       | 1255.47 | kN |
| Verifica                  | PRs > Ped | ok      |    |
| Coefficiente di sicurezza | Fs        | 2.53    |    |

#### 2) Puntone e G.d.R.

|   |           |         |    |
|---|-----------|---------|----|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c         | 1.5     |    |
| Resistenza puntone                          | PRc       | 7374.76 | kN |
| Verifica                                    | PRc > Ped | ok      |    |
| Coefficiente di sicurezza                   | Fc        | 14.85   |    |
| Gerarchia delle resistenze                  | PRc > PRs | ok      |    |

Figura 179 - Schema del meccanismo resistente e verifiche della mensola tozza

Le verifiche di tranciamento dell'armatura verticale del ritengo sismico risultano soddisfatte considerando uno strato di 8 barre  $\emptyset 20/10$  disposte sul lato di lunghezza 1.00 m in direzione longitudinale al viadotto.

Verifica a tranciamento (Acciaio)

|                               |                                  |        |                 |
|-------------------------------|----------------------------------|--------|-----------------|
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub>                  | 391.3  | MPa             |
| Area totale ferri             | A <sub>s,tot</sub>               | 5026.5 | mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a tranciamento     | V <sub>rd</sub>                  | 1136   | kN              |
| Taglio di calcolo             | V <sub>ed</sub>                  | 497    | kN              |
| Verifica                      | V <sub>rd</sub> >V <sub>ed</sub> | ok     |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | F <sub>t</sub>                   | 2.29   |                 |

Verifica a tranciamento - Eurocodice 1992-1-1

|                               |                  |         |                 |
|-------------------------------|------------------|---------|-----------------|
| Coeff. 1                      | c                | 0.2     |                 |
| Coeff. 2                      | μ                | 0.6     |                 |
| Resistenza a trazione cls     | f <sub>ctd</sub> | 1.50    | MPa             |
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub>  | 391.30  | MPa             |
| Resistenza di calcolo cls     | f <sub>cd</sub>  | 19.83   | MPa             |
| Angolo inclinazione ferri     | α                | 90      | °               |
| Coeff. 3                      | v                | 0.52    |                 |
| Area totale ferri             | A <sub>s</sub>   | 5027    | mm <sup>2</sup> |
| Area totale cls               | A <sub>c</sub>   | 1080000 | mm <sup>2</sup> |
| As/Ac                         | ρ                | 0.005   |                 |
| Resistenza di progetto        | τ <sub>rd</sub>  | 1.39    | MPa             |
| Tensione agente               | τ <sub>ed</sub>  | 0.46    | MPa             |
| Verifica                      | Verifica         | ok      |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | F <sub>s</sub>   | 3.03    |                 |

Ritegno sismico trasversale di altezza massima

### DATI DI INPUT

#### 1) Resistenze materiali

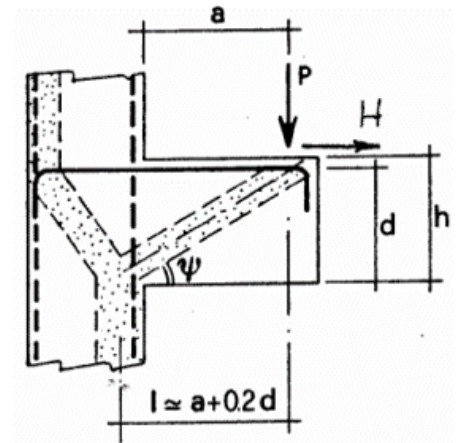
|                                    |     |        |     |
|------------------------------------|-----|--------|-----|
| Resistenza compressione cilindrica | fck | 35     | MPa |
| Resistenza di calcolo cls          | fcd | 19.83  | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio      | fyd | 391.30 | MPa |

#### 2) Carichi agenti

|                    |     |     |    |
|--------------------|-----|-----|----|
| Carico verticale   | Ped | 497 | kN |
| Carico orizzontale | Hed | 0   | kN |

#### 3) Geometria della mensola

|                                    |           |       |     |
|------------------------------------|-----------|-------|-----|
| Altezza mensola                    | hc        | 1450  | mm  |
| Lunghezza della mensola            | lc        | 1050  | mm  |
| Distanza di applicazione carico    | a         | 875   | mm  |
| Profondità mensola                 | b         | 1000  | mm  |
| Copriferro netto + staffa esterna  | c         | 70    | mm  |
| Copriferro da asse tirante         | c tir     | 80    | mm  |
| Altezza utile tirante superiore    | d         | 1370  | mm  |
| Braccio delle forze interne (0.9d) | z         | 1233  | mm  |
| Proiezione orizzontale del puntone | l         | 1149  | mm  |
| ctg $\psi$                         | $\lambda$ | 0.932 |     |
| Inclinazione puntone               | $\psi$    | 0.821 | rad |



47.02 °

### RESISTENZE E VERIFICHE

#### 1) Tirante

|                                   |          |          |                 |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | $\phi$   | 20       | mm              |
| Numero di barre per strato        | n strato | 8        |                 |
| Numero strati                     | strati   | 1        |                 |
| Numero totale di barre            | n tot    | 8        |                 |
| Area barre                        | As       | 2513.274 | mm <sup>2</sup> |

|                           |           |         |    |
|---------------------------|-----------|---------|----|
| Resistenza tirante        | PRs       | 1055.35 | kN |
| Verifica                  | PRs > Ped | ok      |    |
| Coefficiente di sicurezza | Fs        | 2.13    |    |

#### 2) Puntone e G.d.R.

|   |           |         |    |
|---|-----------|---------|----|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c         | 1.5     |    |
| Resistenza puntone                          | PRc       | 8725.70 | kN |
| Verifica                                    | PRc > Ped | ok      |    |
| Coefficiente di sicurezza                   | Fc        | 17.57   |    |
| Gerarchia delle resistenze                  | PRc > PRs | ok      |    |

Figura 180 - Schema del meccanismo resistente e verifiche della mensola tozza

Le verifiche di tranciamento dell'armatura verticale del ritengo sismico risultano soddisfatte considerando uno strato di 8 barre  $\emptyset 20/10$  disposte sul lato di lunghezza 1.00 m in direzione longitudinale al viadotto.

Verifica a tranciamento (Acciaio)

|                               |                                  |        |                 |
|-------------------------------|----------------------------------|--------|-----------------|
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub>                  | 391.3  | MPa             |
| Area totale ferri             | A <sub>s,tot</sub>               | 5026.5 | mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a tranciamento     | V <sub>rd</sub>                  | 1136   | kN              |
| Taglio di calcolo             | V <sub>ed</sub>                  | 497    | kN              |
| Verifica                      | V <sub>rd</sub> >V <sub>ed</sub> | ok     |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | F <sub>t</sub>                   | 2.29   |                 |

Verifica a tranciamento - Eurocodice 1992-1-1

|                               |                      |         |                 |
|-------------------------------|----------------------|---------|-----------------|
| Coeff. 1                      | c                    | 0.2     |                 |
| Coeff. 2                      | $\mu$                | 0.6     |                 |
| Resistenza a trazione cls     | f <sub>ctd</sub>     | 1.50    | MPa             |
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub>      | 391.30  | MPa             |
| Resistenza di calcolo cls     | f <sub>cd</sub>      | 19.83   | MPa             |
| Angolo inclinazione ferri     | $\alpha$             | 90      | °               |
| Coeff. 3                      | v                    | 0.52    |                 |
| Area totale ferri             | A <sub>s</sub>       | 5027    | mm <sup>2</sup> |
| Area totale cls               | A <sub>c</sub>       | 1450000 | mm <sup>2</sup> |
| As/Ac                         | $\rho$               | 0.003   |                 |
| Resistenza di progetto        | $\tau$ <sub>rd</sub> | 1.11    | MPa             |
| Tensione agente               | $\tau$ <sub>ed</sub> | 0.34    | MPa             |
| Verifica                      | Verifica             | ok      |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | F <sub>s</sub>       | 3.25    |                 |

Tutte le verifiche dei ritegni sismici risultano soddisfatte.

### 9.3.2 Verifica dei baggioli

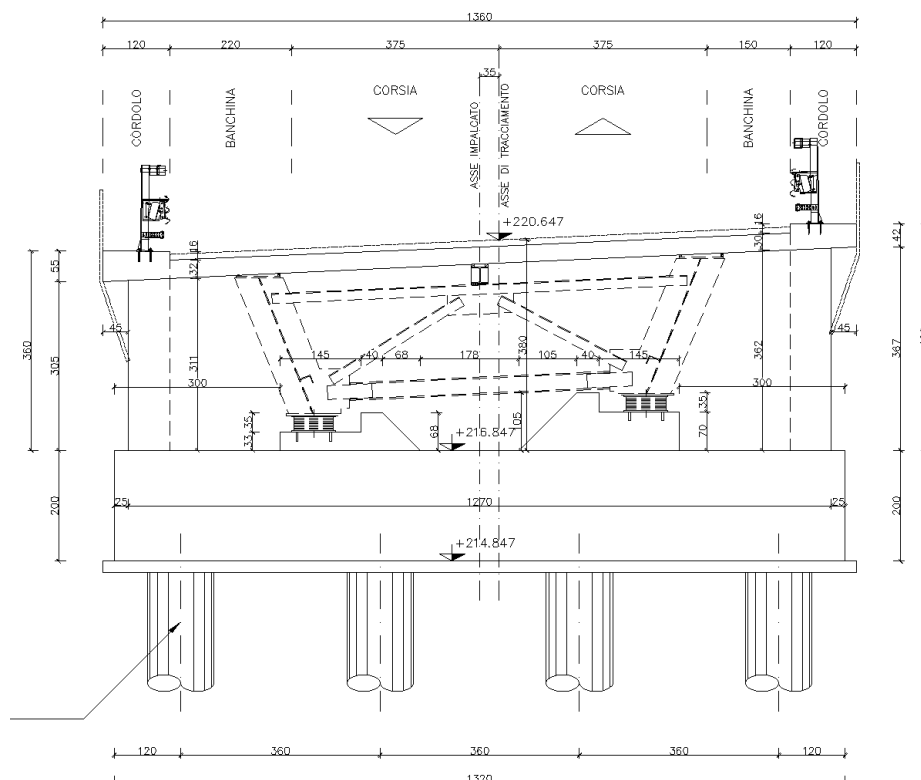
Verifiche a tranciamento

I baggioli hanno dimensioni in pianta pari a 1.00 m x 1.45 m, ed è prevista un armatura verticale di 18 barre totali  $\varnothing 20$ .

Il taglio di progetto è il massimo taglio risultante in combinazione sismica agente sugli isolatori. È pari a:

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Ed,long}^2 + V_{Ed,trasv}^2} = \sqrt{432^2 + 497^2} = 658 \text{ kN}$$

Si riportano di seguito le verifiche per l'elemento con altezza inferiore della spalla B e pari ad 0.33 m.



**Figura 181 - Prospetto trasversale e prospetto longitudinale**

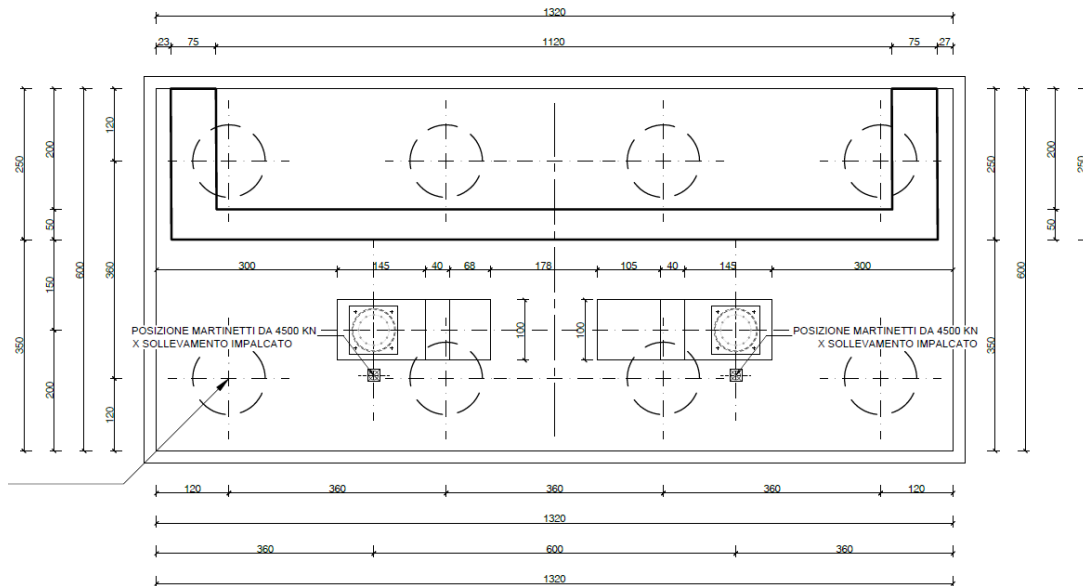


Figura 182 - Pianta fondazione spalla

Verifica a tranciamento - Eurocodice 1992-1-1, par. 6.2.5

|                               |                 |         |                 |
|-------------------------------|-----------------|---------|-----------------|
| Coeff. 1                      | c               | 0.2     |                 |
| Coeff. 2                      | $\mu$           | 0.6     |                 |
| Resistenza a trazione cls     | fctd            | 1.50    | MPa             |
| Resistenza di calcolo acciaio | f <sub>yd</sub> | 391.30  | MPa             |
| Resistenza di calcolo cls     | f <sub>cd</sub> | 19.83   | MPa             |
| Angolo inclinazione ferri     | $\alpha$        | 90      | °               |
| Coeff. 3                      | v               | 0.52    |                 |
| Area totale ferri             | A <sub>s</sub>  | 5654.9  | mm <sup>2</sup> |
| Area totale cls               | A <sub>c</sub>  | 1450000 | mm <sup>2</sup> |
| As/Ac                         | $\rho$          | 0.004   |                 |
| Resistenza di progetto        | $\tau_{rd}$     | 1.22    | MPa             |
| Taglio agente                 | V <sub>ed</sub> | 658.33  |                 |
| Tensione agente               | $\tau_{ed}$     | 0.45    | MPa             |
| Verifica                      | Verifica        | ok      |                 |
| Coefficiente di sicurezza     | FS              | 2.68    |                 |

Verifica a tranciamento - Formulazione alternativa

|                                      |                          |         |                 |
|--------------------------------------|--------------------------|---------|-----------------|
| <i>Resistenza di calcolo acciaio</i> | <i>f<sub>yd</sub></i>    | 391.30  | MPa             |
| <i>Area totale ferri</i>             | <i>A<sub>s,tot</sub></i> | 5654.9  | mm <sup>2</sup> |
| <i>Resistenza a tranciamento</i>     | <i>VRd</i>               | 1277.55 | kN              |
| <i>Taglio agente</i>                 | <i>Ved</i>               | 658.33  | kN              |
| <i>Verifica</i>                      | <i>Verifica</i>          | ok      |                 |
| <i>Coefficiente di sicurezza</i>     | <i>FS</i>                | 1.94    |                 |

Verifica a compressione del cls

L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale in combinazione SLU agente sugli isolatori; pari a 4240 kN.

A favore di sicurezza, la verifica viene condotta considerando l'altezza minima dei baggioli presenti, pari a 0.33m.

|                         |       |                |   |  |    |
|-------------------------|-------|----------------|---|--|----|
| <i>Ned</i>              | 4240  | kN             | <i>Sforzo di compressione massimo di progetto</i>         | <i>h</i> ≥ <i>b</i> <sub>2</sub> - <i>b</i> <sub>2</sub> | ok |
| <i>b</i> <sub>1</sub>   | 0.6   | m              | <i>Larghezza appoggio in direzione trasversale</i>        | <i>h</i> ≥ <i>d</i> <sub>2</sub> - <i>d</i> <sub>1</sub> | ok |
| <i>d</i> <sub>1</sub>   | 0.6   | m              | <i>Larghezza appoggio in direzione longitudinale</i>      | <i>b</i> <sub>2</sub> < 3 <i>b</i> <sub>1</sub>          | ok |
| <i>h</i>                | 0.33  | m              | <i>Altezza baggiolo</i>                                   | <i>d</i> <sub>2</sub> < 3 <i>d</i> <sub>1</sub>          | ok |
| <i>L trasv</i>          | 1.45  | m              | <i>Larghezza baggiolo in direzione longitudinale</i>      |  |    |
| <i>L long</i>           | 1     | m              | <i>Larghezza baggiolo in direzione trasversale</i>        |  |    |
| <i>b</i> <sub>2</sub>   | 0.93  | m              | <i>Larghezza area diffusione direzione trasv (minima)</i> |  |    |
| <i>d</i> <sub>2</sub>   | 0.93  | m              | <i>Larghezza area diffusione direzione long (minima)</i>  |  |    |
| <i>A<sub>c,0</sub></i>  | 0.36  | m <sup>2</sup> | <i>Area caricata</i>                                      |  |    |
| <i>A<sub>c,1</sub></i>  | 0.865 | m <sup>2</sup> | <i>Area di diffusione del carico</i>                      |  |    |
| <i>f<sub>ck</sub></i>   | 35    | MPa            | <i>Resistenza caratteristica cilindrica</i>               |  |    |
| <i>f<sub>cd</sub></i>   | 19.83 | MPa            | <i>Resistenza cilindrica di progetto</i>                  |  |    |
| <i>F<sub>r,du</sub></i> | 11067 | kN             | <i>Forza di compressione ultima</i>                       |  |    |
| <i>F<sub>r,du</sub></i> | 11067 | kN             | <i>Forza di compressione ultima ridotta</i>               |  |    |
| <i>Ned</i>              | 4240  | kN             | <i>Sforzo di compressione massimo</i>                     |  |    |
| <i>Verifica</i>         | ok    |                |   |  |    |
| <i>FS</i>               | 2.61  |                | <i>Coefficiente di sicurezza</i>                          |  |    |



### Verifica dell'armatura di confinamento del cls

L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale in combinazione SLU agente sugli isolatori; pari a 4240 kN.

Per il baggiolo con altezza inferiore di 0.33 m, si è verificata l'armatura orizzontale di confinamento considerando 1 strato di staffa esterna  $\varnothing 16$  e 2 strati di staffe interne  $\varnothing 20$  con 4 braccia resistenti (spille) in entrambe le direzioni, i quali forniscono una resistenza al confinamento pari a:  $N_{Rd} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{v}$ .

#### Verifica dell'armatura di confinamento del cls

|          |           |                 |                 |
|----------|-----------|-----------------|-----------------|
| $\phi_w$ | <b>16</b> | mm              | Diametro staffe |
| nbr      | <b>2</b>  |                 | Numero braccia  |
| nstr     | <b>1</b>  |                 | Numero strati   |
| $A_w$    | 402.12    | mm <sup>2</sup> | Area staffe     |

|          |           |                 |                 |
|----------|-----------|-----------------|-----------------|
| $\phi_w$ | <b>20</b> | mm              | Diametro spille |
| nbr      | <b>4</b>  |                 | Numero braccia  |
| nstr     | <b>2</b>  |                 | Numero strati   |
| $A_w$    | 2513.27   | mm <sup>2</sup> | Area spille     |

|             |             |     |                                |
|-------------|-------------|-----|--------------------------------|
| $f_{yd}$    | 391.30      | MPa | Resistenza di calcolo acciaio  |
| $v$         | 0.2         |     | Coeff. Di Poisson              |
| $N_{rd}$    | 5704.0      | kN  | Forza resistente di progetto   |
| $N_{ed}$    | 4240        | kN  | Sforzo di compressione massimo |
| Verifica FS | <b>ok</b>   |     |                                |
|             | <b>1.35</b> |     |                                |

Le verifiche risultano soddisfatte.