

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



# INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.

S.O. Corpo Stradale

PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI BARI

BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE

GALLERIE ARTIFICIALI

ELABORATI GENERALI

Marciapiede PES - Relazione di calcolo

SCALA:

-

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

IADR    00    D    29    CL    GA0000    001    A

| Rev. | Descrizione         | Redatto                    | Data     | Verificato  | Data     | Approvato                              | Data     | Autorizzato Data             |
|------|---------------------|----------------------------|----------|---|----------|--|----------|------------------------------|
| A    | Emissione PD per AI | M.Botta<br><i>M. Botta</i> | SETT '23 | J. Amato-A. Donnarumma<br><i>Antonio Donnarumma</i> | SETT '23 | G. Dimaggio<br><i>Giorgio Dimaggio</i> | SETT '23 | F. ARDUINI<br>29/09/2023<br> |
|      |                     |                            |          |   |          |  |          |                              |
|      |                     |                            |          |   |          |  |          |                              |
|      |                     |                            |          |   |          |  |          |                              |
|      |                     |                            |          |   |          |  |          |                              |
|      |                     |                            |          |   |          |  |          |                              |

File: IADR00D29CLGA0000001A

n. Elab.:



## INDICE

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 1     | PREMESSA.....  | 4         |
| 2     | SCOPO DEL DOCUMENTO .....  | 4         |
| 3     | NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....                                      | 6         |
| 4     | UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA .....   | 7         |
| 5     | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....   | 8         |
| 6     | INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....  | 9         |
| 7     | VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE DIRETTA .....                                 | 11        |
| 8     | VERIFICHE SLU (GEO/STR).....   | 11        |
| 8.1   | VERIFICHE STRUTTURALI .....  | 11        |
| 8.1.1 | <i>Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione .....</i> | <i>12</i> |
| 8.1.2 | <i>Verifica agli stati limite ultimi a taglio .....</i>                        | <i>12</i> |
| 8.1.3 | <i>Verifica agli stati limite d'esercizio .....</i>                            | <i>14</i> |
| 9     | MODELLAZIONE ADOTTATA .....  | 15        |
| 10    | ANALISI DEI CARICHI .....  | 15        |
| 10.1  | PESI PROPRI .....  | 15        |
| 10.2  | PERMANENTI NON STRUTTURALI.....  | 16        |
| 10.3  | SPINTA STATICA DEL TERRENO.....  | 16        |
| 10.4  | CARICO PER FOLLA COMPATTA.....   | 17        |
| 10.5  | AZIONE DEL VENTO .....   | 18        |
| 10.6  | SPINTA ORIZZONTALE DOVUTA AL BALLAST .....                                     | 20        |
| 10.7  | AZIONE DEL SISMA .....   | 21        |
| 10.8  | SOVRASPINTA SISMICA .....  | 22        |
| 10.9  | RITIRO DEL CALCESTRUZZO .....  | 23        |
| 10.10 | VARIAZIONE TERMICA.....  | 23        |
| 11    | COMBINAZIONE DEI CARICHI .....   | 24        |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 12     | RISULTATI E VERIFICHE SCATOLARE .....                          | 26 |
| 12.1   | VERIFICHE PIEDRITTI .....                                      | 29 |
| 12.1.1 | <i>Verifica in condizioni statiche</i> .....                   | 30 |
| 12.1.2 | <i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....                   | 36 |
| 12.1.3 | <i>Riepilogo verifiche</i> .....                               | 39 |
|        | VERIFICHE SOLETTA INFERIORE .....                              | 40 |
| 12.1.4 | <i>Verifica in condizioni statiche</i> .....                   | 41 |
| 12.1.5 | <i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....                   | 47 |
| 12.1.6 | <i>Riepilogo verifiche</i> .....                               | 50 |
| 12.2   | VERIFICA SOLETTA SUPERIORE .....                               | 51 |
| 12.2.1 | <i>Verifica in condizioni statiche</i> .....                   | 52 |
| 12.2.2 | <i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....                   | 58 |
| 12.2.3 | <i>Riepilogo verifiche</i> .....                               | 61 |
| 12.3   | VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE DIRETTA DELLO SCATOLARE ..... | 62 |
| 13     | RIEPILOGO INCIDENZE .....                                      | 66 |

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del "Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese".

Le opere oggetto di analisi sono FFP, marciapiedi adibiti a via di fuga delle gallerie artificiali.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella seguente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limite dei marciapiedi lungo linea.

Si riporta, di seguito, la sezione trasversale tipica della struttura.

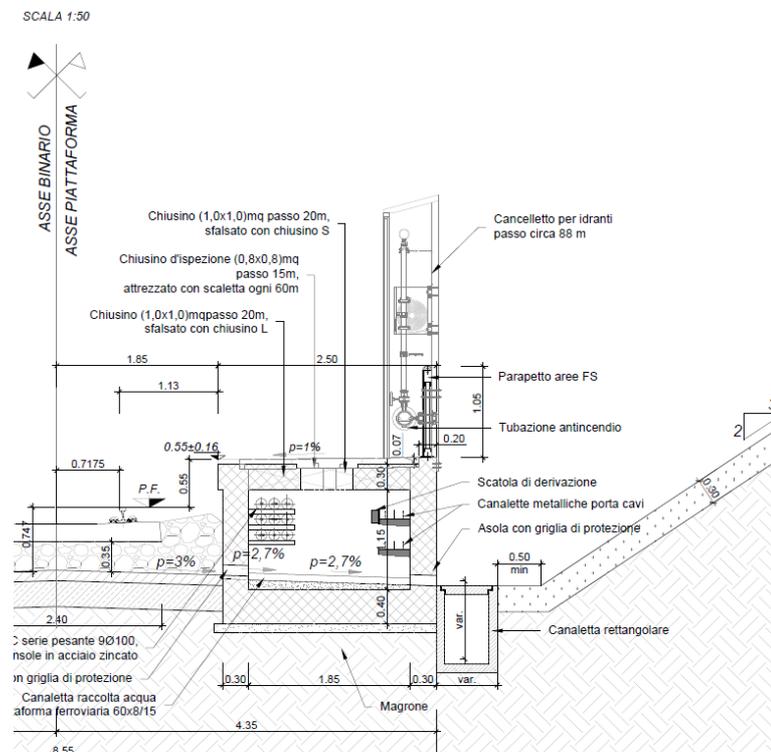


Fig. 1 – Sezione Marciapiede PES

Si riporta di seguito la tabella con lo sviluppo degli FFP lungo la linea, indicando le progressive corrispondenti e la tipologia:

|   | pk <sub>KIN-PES</sub> | pk <sub>FIN-PES</sub> | pk <sub>KIN-RAMPA</sub> | pk <sub>FIN-RAMPA</sub> | L <sub>PES</sub> | L <sub>TOT</sub> | NOTE  |
|---|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|------------------|---|
|   |                       |                       |                         |                         | [m]              | [m]              | [-]   |
| 1 | 1+340                 | 1+752                 | 1+752                   | 1+768                   | 412              | 428              | PES in dx e sx<br>Sezione in trincea aperta                         |
| 2 | 6+100                 | 6+608                 | 6+608                   | 6+625                   | 508              | 525              | PES in dx e sx<br>Sezione in trincea aperta e sezione con muro ad U |
| 3 | 9+780                 | 10+220                | 9+790                   | 9+807                   | 423              | 430              | PES in dx e sx<br>Sezione in trincea aperta e sezione con muro ad U |

|   |  |           |                     |                           |           |                   |
|---|--|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|-------------------|
|  | <b>NODO DI BARI</b><br><b>BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b><br>PROGETTO DEFINITIVO |           |                     |                           |           |                   |
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI<br>RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES             | COMMESSA<br>IADR   | REL<br>00 | CODIFICA<br>D 29 CL | DOCUMENTO<br>GA 01 00 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>6 di 66 |

### 3 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- 1) Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- 2) Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- 3) RFI DTC SI MA IFS 001 F del 31.12.2022 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”;
- 4) RFI DTC SI CS SP IFS 004 del 2021- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI.
- 5) UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- 6) UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

## 4 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

### Unità di misura principali

|                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| <b>N</b> (Newton)            | unità di forza     |
| <b>m</b> (metro)             | unità di lunghezza |
| <b>kg</b> (kilogrammo-massa) | unità di massa     |
| <b>s</b> (secondo)           | unità di tempo     |

### Unità di misura derivate

|                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>kN</b> (kiloNewton)              | $10^3$ N                             |
| <b>MN</b> (megaNewton)              | $10^6$ N                             |
| <b>kgf</b> (kilogrammo-forza)       | 1 kgf = 9.81 N                       |
| <b>cm</b> (centimetro)              | $10^{-2}$ m                          |
| <b>mm</b> (millimetro)              | $10^{-3}$ m                          |
| <b>Pa</b> (Pascal)                  | 1 N/m <sup>2</sup>                   |
| <b>kPa</b> (kiloPascal)             | $10^3$ N/m <sup>2</sup>              |
| <b>MPa</b>                          | (megaPascal) $10^6$ N/m <sup>2</sup> |
| <b>N/m<sup>3</sup></b>              | (peso specifico)                     |
| <b>g</b> (accelerazione di gravità) | $\sim 9.81$ m/s <sup>2</sup>         |

### Corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

|                    |                           |                       |
|--------------------|---------------------------|-----------------------|
| <b>γ</b> (gamma)   | peso dell'unità di volume | (kN/m <sup>3</sup> )  |
| <b>σ</b> (sigma)   | tensione normale          | (N/mm <sup>2</sup> )  |
| <b>τ</b> (tau)     | tensione tangenziale      | (N/mm <sup>2</sup> )  |
| <b>ε</b> (epsilon) | deformazione              | (m/m - adimensionale) |
| <b>φ</b> (fi)      | angolo di resistenza      | (° sessagesimali)     |

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### Calcestruzzo classe C30/37

|           |   |               |     |   |
|-----------|---|---------------|-----|---|
| CL        | = | <b>C30/37</b> |     | Classe di resistenza adottata                 |
| $R_{ck}$  | = | <b>37</b>     | MPa | resistenza caratteristica cubica              |
| $f_{ck}$  | = | 30.71         | MPa | resistenza caratteristica cilindrica          |
| $f_{cm}$  | = | 38.71         | MPa | resistenza cilindrica media                   |
| $f_{ctm}$ | = | 2.94          | MPa | resistenza media a trazione semplice          |
| $f_{ctk}$ | = | 2.06          | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| $f_{cfm}$ | = | 3.53          | MPa | resistenza media a trazione per flessione     |
| $E_{cm}$  | = | 33,019.43     |     | modulo elastico istantaneo                    |

### Acciaio per strutture in conglomerato cementizio

|            |              |               |     |   |
|------------|--------------|---------------|-----|---|
| Acciaio    | <b>B450C</b> |               |     |   |
| $f_{tk}$   | $\geq$       | <b>540.00</b> | MPa | tensione caratteristica di rottura                |
| $f_{yk}$   | $\geq$       | <b>450.00</b> | MPa | tensione caratteristica di snervamento            |
| $\gamma_s$ | =            | <b>1.15</b>   |     | coefficiente del materiale                        |
| $f_{yd}$   | $\geq$       | 391.30        | MPa | tensione caratteristica di snervamento di calcolo |
| $E_s$      | =            | 206 000.00    | MPa | Modulo elastico                                   |

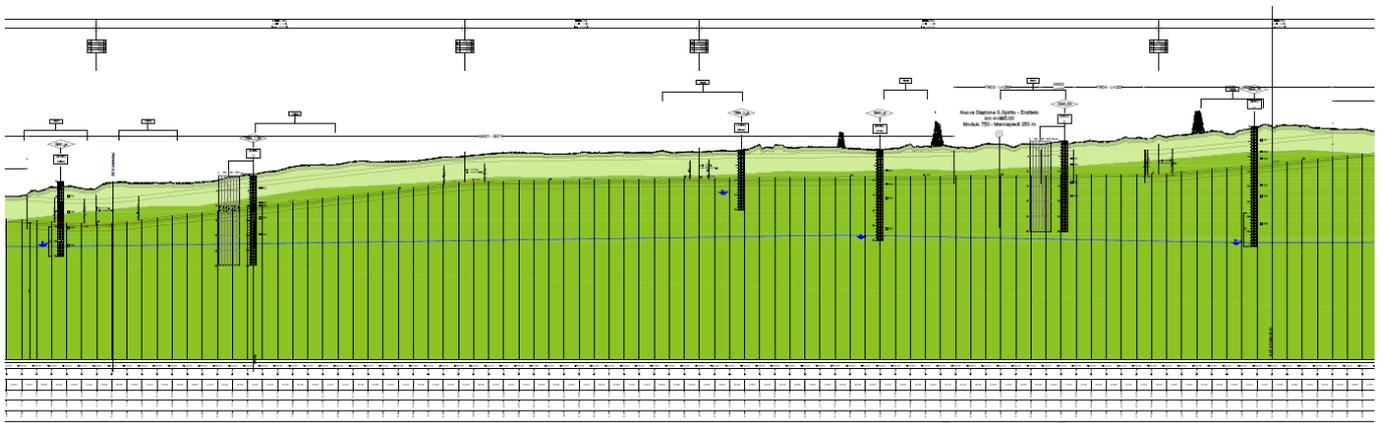
## 6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

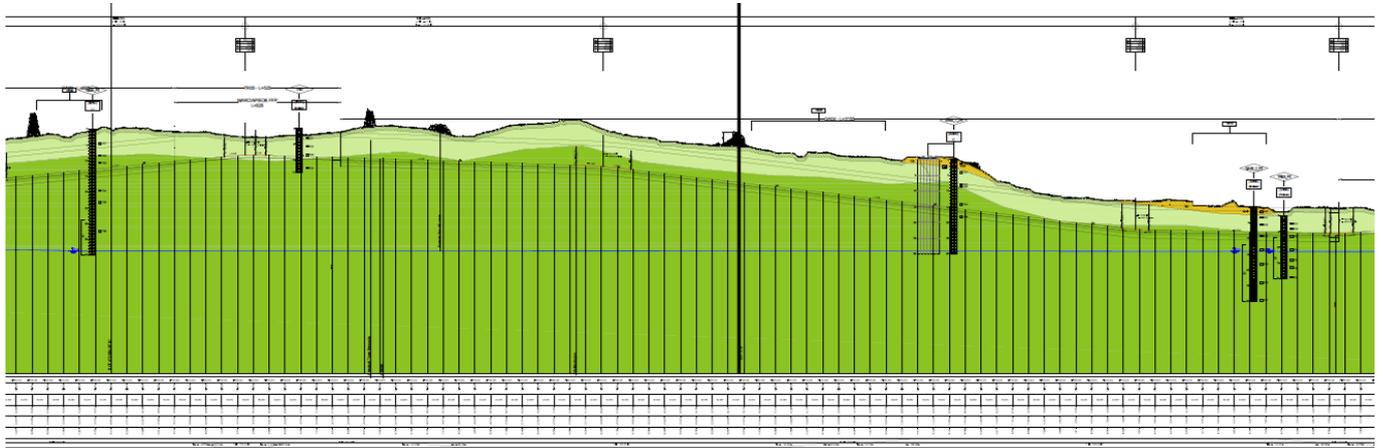
Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico, allegati al presente progetto e ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire uno stralcio del citato profilo in cui ricade l'opera qui esaminata e la tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nel calcolo.

| Unità Geotecnica                                     | $\gamma$             | $\varphi'$ | $c'$  | GSI | $\sigma_{ci}$ | $m_i$ | $E_{op}$ | $k$           |
|--|----------------------|------------|-------|-----|---------------|-------|----------|---------------|
|  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (°)        | (kPa) |     |               |       |          |               |
| <b>TC</b>  | 19.0                 | 28-30      | 0-5   |     |               |       | 10       |               |
| <b>CAL</b> <b>Calt</b>                               | 20.0                 | 35-37      | 0-10  |     |               |       | 50       | 1E-03 ÷ 1E-05 |
| <b>C1a</b><br>(da inizio a 5+000<br>da 8+000 a fine) | 24.0                 | 43         | 40    | 30  | 40            | 9     | 500      | 1E-04 ÷ 1E-6  |
| <b>C1b</b><br>(da 5+500 a 8+000)                     | 24.0                 | 41         | 20    | 20  | 40            | 9     | 500      | 1E-04 ÷ 1E-6  |
| <b>C2</b>  | 24.0                 | 43         | 100   | 35  | 70            | 9     | 1000     | 1E-04 ÷ 1E-6  |

La falda si trova ad una quota di circa 0 m s.l.m. e non interferisce con le opere in progetto.

Il terreno di fondazione di tutte le gallerie è costituito dall'unità C2.





**Figura 6-1: profilo geotecnico**

Si considerano a favore di sicurezza i parametri geotecnici dell'unità TC come terreno di fondazione.:

|   |  |           |                     |                           |           |                    |
|---|--|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | <b>NODO DI BARI</b><br><b>BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b><br>PROGETTO DEFINITIVO |           |                     |                           |           |                    |
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI<br>RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES             | COMMESSA<br>IADR   | REL<br>00 | CODIFICA<br>D 29 CL | DOCUMENTO<br>GA 01 00 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>11 di 66 |

## 7 VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE DIRETTA

Per le fondazioni dirette si considerano i seguenti Stati Limite Ultimi:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Scorrimento sul piano di posa;
- Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2 con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18.

La verifica dell'equilibrio allo stato limite di scorrimento viene condotta confrontando l'azione resistente  $R_h$ , pari al prodotto della risultante delle forze verticali per il coefficiente d'attrito con l'azione instabilizzante, pari alla risultante di tutte le componenti orizzontali delle forze agenti sull'opera.

Per il calcolo della capacità portante della fondazione si è fatto riferimento alla formula di Brinch-Hansen (1970) integrata dai coefficienti sismici di Paolucci e Pecker (1995), di seguito riportata:

$$q_{lim} = c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma B N_s \gamma_s d_s i_s b_s g_s z_s$$

$$F_s = q_{lim} / q_{es}$$

con  $q_{es} = N / (B \cdot L')$  la pressione dovuta al carico verticale.

## 8 VERIFICHE SLU (GEO/STR)

### 8.1 Verifiche strutturali

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nell'istruzioni RFI DTC INC PO SP IFS 001 A § 1.8.3.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

### 8.1.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

### 8.1.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM14/01/2008, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}, \text{ resistenza di}$$

calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha, \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere}$$

sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta), \text{ valore di progetto del massimo sforzo di}$$

taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

$A_{sl}$  è l'area dell'armatura tesa;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

$N_{Ed}$  è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

$A_c$  è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$  è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

$A_{sw}$  è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

$s$  è il passo delle staffe;

$f_{ywd}$  è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$  è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$  è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

|   |                  |           |                     |                           |           |                    |
|---|------------------|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI<br>RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES | COMMESSA<br>IADR | REL<br>00 | CODIFICA<br>D 29 CL | DOCUMENTO<br>GA 01 00 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>14 di 66 |
|---|------------------|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|

### 8.1.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Rara. I valori nominali di riferimento sono:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

|   |  |           |                     |                           |           |                    |
|---|--|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | <b>NODO DI BARI</b><br><b>BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b><br>PROGETTO DEFINITIVO |           |                     |                           |           |                    |
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI<br>RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES             | COMMESSA<br>IADR   | REL<br>00 | CODIFICA<br>D 29 CL | DOCUMENTO<br>GA 01 00 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>15 di 66 |

## 9 MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione; la costante di sottofondo è stata assunta pari a 9733 kN/m<sup>3</sup> nell'ipotesi più cautelativa di struttura su trincea aperta.

L'analisi delle strutture è stata condotta mediante il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000, prodotto dalla Computer and Structures inc. di Berkeley, California, USA.

Lo schema statico impiegato è quello di telaio costituito da elementi frame; in corrispondenza della intersezione tra tali elementi il programma genera in automatico dei nodi per garantire la continuità strutturale. Ad ogni elemento è assegnata la corrispondente sezione rettangolare in calcestruzzo, la cui geometria è definita dallo spessore dell'elemento stesso per una larghezza unitaria, dal momento che la struttura è risolta come piana.

Per le verifiche delle sezioni si è adottato il programma RC-SEC – Autore GEOSTRU.

## 10 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi considerata nel calcolo delle sollecitazioni sulle strutture in oggetto.



Fig. 2 – Modello adottato.

### 10.1 Pesi propri

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

- Soletta di fondazione;
- Piedritti;
- Soletta di copertura.

## 10.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

- Pavimentazione in conglomerato bituminoso del marciapiede 2,5 kN/m<sup>2</sup>;
- Peso proprio della barriera del parapetto 1 kN/m.

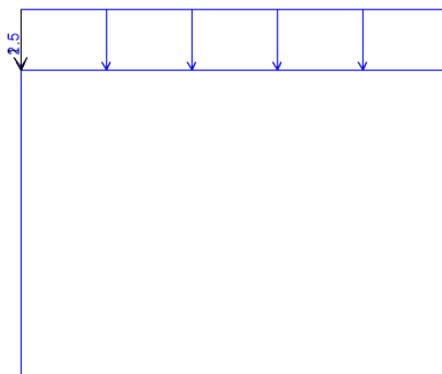


Fig. 3 – Carichi permanenti su soletta superiore.

## 10.3 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali dello scatolare sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a  $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$ , applicata ad 1/3 dal basso.

Per la valutazione della spinta esercitata dal terreno quest'ultimo è stato considerato in condizioni di riposo pertanto il coefficiente di spinta è dato dalla relazione  $k_0 = 1 - \text{sen } \varphi'$ .

### SPINTA RIPOSO E SPINTA H<sub>2</sub>O

|            |       |                   |                               |
|------------|-------|-------------------|-------------------------------|
| $\gamma_t$ | 20.00 | kN/m <sup>3</sup> | peso specifico terreno        |
| $\Phi'_k$  | 38    | °                 | angolo attrito caratteristico |
| $\Phi'_d$  | 38    | °                 | angolo attrito di progetto    |
| $k_0$      | 0.38  | -                 |                               |

| z da p.c. (m)                    | $\sigma_{h,tot}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $\sigma_w$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 0                                | 0.00                                  | 0.00                            |
| 1.6                              | 11.14                                 | 0.00                            |
| 1.85                             | 12.68                                 | 0.00                            |
| Spinta su metà soletta inferiore |                                       |                                 |
| $\Delta P$                       | 2.38                                  | kN/m                            |

|   |  |           |                     |                           |           |                    |
|---|--|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
|  | <b>NODO DI BARI</b><br><b>BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b><br>PROGETTO DEFINITIVO |           |                     |                           |           |                    |
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI<br>RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES             | COMMESSA<br>IADR   | REL<br>00 | CODIFICA<br>D 29 CL | DOCUMENTO<br>GA 01 00 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>17 di 66 |



Fig. 4 – Spinta statica del terreno.

#### 10.4 Carico per folla compatta

Dalle prescrizioni normative della NTC2018 si tiene conto del carico associato allo schema 5 (folla compatta), con un valore pari a  $10 \text{ kN/m}^2$ .

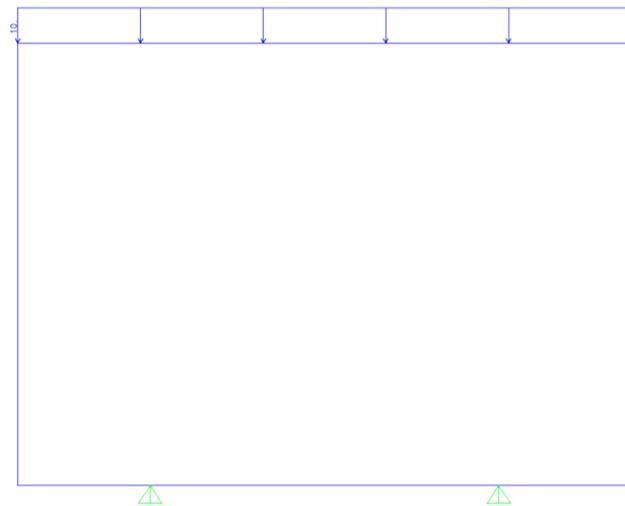


Fig. 5 – Carico per folla compatta.

|  |          |     |          |              |      |          |
|--|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI            | COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES | IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 18 di 66 |

## 10.5 Azione del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni  $p$  (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- $q_b$  - Pressione cinetica di riferimento
- $c_e$  - Coefficiente di esposizione
- $c_p$  - Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)
- $c_d$  - Coefficiente dinamico

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  in (N/m<sup>2</sup>) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

dove  $\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m<sup>3</sup>.

Il coefficiente d'esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione ( $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$ ).

Il valore di  $c_e$  può essere ricavato mediante la relazione:

- $c_e(z) = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[ 7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]$  per  $z > z_{min}$
- $c_e(z) = c_e(z_{min})$  per  $z < z_{min}$

Nel caso in esame abbiamo con riferimento ad una altezza  $z$  dal suolo valutata cautelativamente pari a 20m si ha:

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria

| Zona | $v_{b,0}$ [m/s] | $a_0$ [m] | $k_a$ [1/s] |
|------|-----------------|-----------|-------------|
| 4    | 28              | 500       | 0.02        |

|   |     |
|---|-----|
| $a_s$ (altitudine sul livello del mare [m]) | 100 |
|---|-----|

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| $v_b$ (velocità di riferimento [m/s]) | 28 |
|---------------------------------------|----|

$p$  (pressione del vento [N/mq]) =  $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$   
 $q_b$  (pressione cinetica di riferimento [N/mq])  
 $c_e$  (coefficiente di esposizione)  
 $c_p$  (coefficiente di forma)  
 $c_d$  (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

|              |        |
|--------------|--------|
| $q_b$ [N/mq] | 490.00 |
|--------------|--------|

Coefficiente di esposizione

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

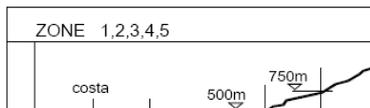
Coefficiente dinamico

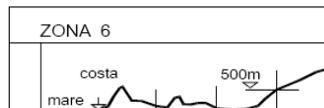
Esso può essere assunto autotelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Classe di rugosità del terreno

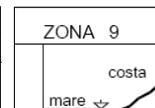
A) Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m

Categoria di esposizione

| ZONE 1,2,3,4,5  |    |     |     |     |     |    |
|---|----|-----|-----|-----|-----|----|
|  |    |     |     |     |     |    |
| A   | -- | IV  | IV  | V   | V   | V  |
| B   | -- | III | III | IV  | IV  | IV |
| C   | -- | *   | III | III | IV  | IV |
| D   | I  | II  | II  | II  | III | ** |
| * Categoria II in zona 1,2,3,4<br>Categoria III in zona 5                           |    |     |     |     |     |    |
| ** Categoria III in zona 2,3,4,5<br>Categoria IV in zona 1                          |    |     |     |     |     |    |

| ZONA 6  |    |     |     |     |     |
|---|----|-----|-----|-----|-----|
|  |    |     |     |     |     |
| A   | -- | III | IV  | V   | V   |
| B   | -- | II  | III | IV  | IV  |
| C   | -- | II  | III | III | IV  |
| D   | I  | I   | II  | II  | III |

| ZONE 7,8   |    |    |     |
|--|----|----|-----|
|  |    |    |     |
| A  | -- | -- | IV  |
| B  | -- | -- | IV  |
| C  | -- | -- | III |
| D  | I  | II | *   |
| * Categoria II in zona 8<br>Categoria III in zona 7                                  |    |    |     |

| ZONA 9  |    |   |
|---|----|---|
|  |    |   |
| A   | -- | I |
| B   | -- | I |
| C   | -- | I |
| D   | I  | I |

| $z$ altezza edif. [m] | Zona | Classe di rugosità | $a_s$ [m] |
|-----------------------|------|--------------------|-----------|
| 1                     | 4    | A                  | 100       |

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

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

| Cat. Esposiz. | $k_r$ | $z_0$ [m] | $z_{min}$ [m] | $c_t$ |
|---------------|-------|-----------|---------------|-------|
| II            | 0.19  | 0.05      | 4             | 1     |

|       |      |
|-------|------|
| $c_e$ | 1.80 |
|-------|------|

**Tabella G.X – Coefficienti di pressione complessiva per muri e parapetti.**

| $\varphi$ | Chiusura laterale | $l/h$ | A   | B   | C   | D   |
|-----------|-------------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| 1,0       | no                | <3    | 2,3 | 1,4 | 1,2 | 1,2 |
|           |                   | 5     | 2,9 | 1,8 | 1,4 |     |
|           |                   | >10   | 3,4 | 2,1 | 1,7 |     |
|           | si                | tutti | 2,1 | 1,8 | 1,4 |     |
| 0,8       | si/no             | tutti | 1,2 |     |     |     |

$$c_p = 2.3$$

$$c_d = 1$$

Nel caso in esame si ha quindi:

$$p = q_b c_e c_p = 2028.6 \text{ N/m}^2 = 2 \text{ kN/m}^2$$

### 10.6 Spinta orizzontale dovuta al ballast

Il ballast produce una spinta orizzontale sul piedritto sinistro, valutata a partire dal peso del ballast calcolato in precedenza.

| Spinta statica aggiuntiva |                        |
|---------------------------|------------------------|
|                           | Ballast                |
| $K_0$                     | 0.38                   |
| $p_b$                     | 16 kN/m <sup>2</sup>   |
| $\Delta p_d$              | 6.15 kN/m <sup>2</sup> |

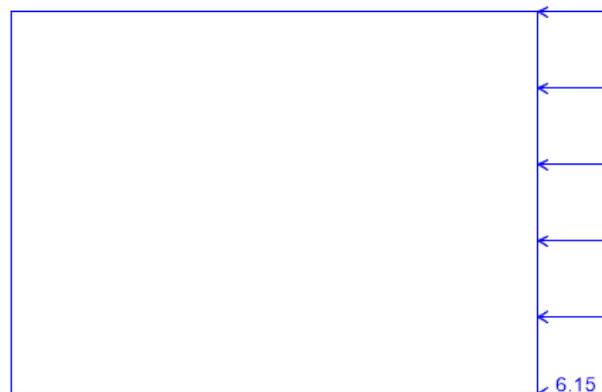


Fig. 6 – Spinta orizzontale del ballast.

|   |                  |           |                     |                           |           |                    |
|---|------------------|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI<br>RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES | COMMESSA<br>IADR | REL<br>00 | CODIFICA<br>D 29 CL | DOCUMENTO<br>GA 01 00 001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>21 di 66 |
|---|------------------|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------|

## 10.7 Azione del sisma

Considerando la zona sismica di pertinenza quella di Taormina.

Per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori:  $V_N=75$  anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U = 1.50$ .

La vita di riferimento  $V_R$  è quindi pari a 112.5 anni.

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$
- Vita nominale  $V_N = 75$ anni
- Categoria di suolo: E
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura  $q = 1$

A seguito di tale assunzione si ha allo stato limite ultimo SLV, in funzione del sito in esame (Longitudine=16.767927°; Latitudine= 41.144079°), un valore dell'accelerazione pari a  $a_g=0.121$  g.

|           |       |   |
|-----------|-------|---|
| $a_g$     | 0.121 | g |
| $S_S$     | 1.2   |   |
| $S_T$     | 1     |   |
| $a_{max}$ | 0.145 | g |
| $b_m$     | 1     |   |
| $k_h$     | 0.145 |   |
| $k_v$     | 0.073 |   |

| INERZIA ORIZZONTALE |      |                   |                      |
|---------------------|------|-------------------|----------------------|
| Piedritti           |      |                   |                      |
| $k_h \cdot W_{P1}$  | 1.08 | kN/m <sup>2</sup> | peso proprio s. 0.3m |

|   |  |                  |           |                     |                           |           |
|---|--|------------------|-----------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | <b>NODO DI BARI</b><br><b>BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b><br>PROGETTO DEFINITIVO |                  |           |                     |                           |           |
|   | GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI<br>RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES                          | COMMESSA<br>IADR | REL<br>00 | CODIFICA<br>D 29 CL | DOCUMENTO<br>GA 01 00 001 | REV.<br>A |



Fig. 7 – Spinta sismica.

### 10.8 Sovrappinta sismica

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovrappinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad  $H/2$ .

| SOVRASPINTA SISMICA (WOOD) |      |          |                      |
|----------------------------|------|----------|----------------------|
| $h_{tot}$                  | 2.00 | m        | altezza complessiva  |
| $\Delta p_d$               | 5.76 | $kN/m^2$ | incremento di spinta |

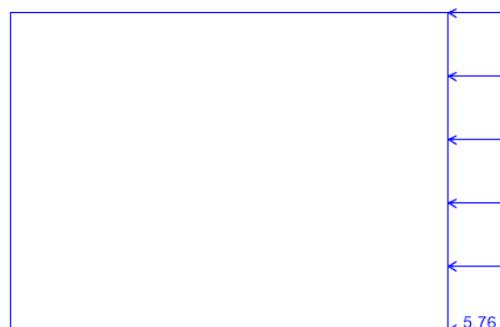


Fig. 8 – Sovrappinta sismica.

### 10.9 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 13°, ed un umidità relativa del 75% a 100 gg.

| RFI DTC INC CS SP IFS 001 A  |                                      |                            |       |
|--|--------------------------------------|----------------------------|-------|
| Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie               |                                      |                            |       |
| <b>Calcolo dell'azione prodotta da ritiro</b>  |                                      |                            |       |
|  | Rck                                  | 37                         |       |
|  | f <sub>ck</sub>                      | 30.71 N/mm <sup>2</sup>    |       |
| resistenza a compressione media  | f <sub>cm</sub>                      | 38.71 N/mm <sup>2</sup>    |       |
| modulo elastico secante  | E <sub>cm</sub>                      | 33019.43 N/mm <sup>2</sup> |       |
| coefficiente di dilatazione termica  | α                                    | 0.00001                    |       |
| classe del cemento   | cls tipo                             | R                          |       |
| età del cls all'inizio del ritiro  | t <sub>s</sub>                       | 2 gg                       |       |
| età del cls al momento del carico  | t <sub>0</sub>                       | 2 gg                       |       |
| età del cls  | t                                    | 25550 gg                   |       |
| larghezza sezione  | B                                    | 100 cm                     |       |
| altezza sezione  | H                                    | 30.00 cm                   |       |
| sezione dell'elemento  | A <sub>c</sub>                       | 300000 mm <sup>2</sup>     |       |
| perimetro a contatto con l'atmosfera   | u                                    | 1000 mm                    |       |
| dimensione elemento di cls   | h <sub>0</sub> =2A <sub>c</sub> /u   | 600 mm                     |       |
| umidità relativa percentuale   | RH                                   | 75 %                       |       |
| <b>Calcolo del modulo elastico</b>   |                                      |                            |       |
| coeff. del tipo di cemento   | α                                    | 1                          |       |
| tempo t <sub>0</sub> corretto in funz del tipo di cem                                  | t <sub>0</sub>                       | 6.189 gg                   | > 0.5 |
| coeff. della resistenza del cls  | β <sub>c</sub> (f <sub>cm</sub> )    | 2.70                       |       |
| coeff. della viscosità nel tempo   | β <sub>c</sub> (t <sub>0</sub> )     | 0.649                      |       |
| coeff. della resistenza del cls  | α <sub>1</sub>                       | 0.932                      |       |
| coeff. della resistenza del cls  | α <sub>2</sub>                       | 0.980                      |       |
| coeff. della resistenza del cls  | α <sub>3</sub>                       | 0.951                      |       |
| coeff. che tiene conto dell'umidità relativa   | β <sub>H</sub>                       | 1.273                      |       |
| coeff. della variabilità viscosità nel tempo   | β <sub>c</sub> (t, t <sub>0</sub> )  | 0.986                      |       |
| coeff. che tiene conto dell'umidità  | φ <sub>RH</sub>                      | 1.271                      |       |
| coeff. nominale della viscosità  | φ <sub>0</sub>                       | 2.228                      |       |
| coeff. di viscosità  | φ(t, t <sub>0</sub> )                | 2.20                       |       |
| Modulo elastico al tempo t   | E <sub>cm</sub> (t, t <sub>0</sub> ) | 10331.5 N/mm <sup>2</sup>  |       |
| <b>Calcolo della deformazione di ritiro</b>  |                                      |                            |       |
| parametro fusione di h <sub>0</sub>  | k <sub>h</sub>                       | 0.7                        |       |
| coeff. variabilità deformazione nel tempo  | β <sub>cs</sub> (t, t <sub>s</sub> ) | 0.978                      |       |
| def. di ritiro per essiccamento  | ε <sub>cd</sub> (t)                  | 0.0002996                  |       |
| deformazione di base   | ε <sub>cd,0</sub>                    | 0.00043785                 |       |
| coeff. per il tipo di cemento  | α <sub>ds1</sub>                     | 6                          |       |
| coeff. per il tipo di cemento  | α <sub>ds2</sub>                     | 0.11                       |       |
|  | β <sub>RH</sub>                      | 0.89609375                 |       |
|  | β <sub>as</sub> (t)                  | 1                          |       |
|  | ε <sub>ca,∞</sub>                    | 5.1775E-05                 |       |
| deformazione dovuta al ritiro autogeno   | ε <sub>ca</sub>                      | 5.1775E-05                 |       |
| deformazione di ritiro   | ε <sub>s</sub> (t, t <sub>0</sub> )  | 0.00035138                 |       |
| Variazione termica uniforme  | ΔT <sub>ritiro</sub>                 | -10.99 °C                  |       |
| NOTA : I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura |                                      |                            |       |

Il fenomeno del ritiro è stato applicato solo alla soletta di copertura.

### 10.10 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a ΔT= +15°C, con un variazione termica a aggiuntiva a farfalla pari a ΔT= +5°C applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$

## 11 COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione  $\psi$  delle tabelle seguenti.

|   |             | Coefficiente  | EQU <sup>(1)</sup>  | A1 STR              | A2 GEO | Combinazione eccezionale | Combinazione Sismica |
|---|-------------|---------------|---------------------|---------------------|--------|--------------------------|----------------------|
| Carichi permanenti                                | favorevoli  | $\gamma_{G1}$ | 0,90                | 1,00                | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,10                | 1,35                | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |
| Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> | favorevoli  | $\gamma_{G2}$ | 0,00                | 0,00                | 0,00   | 1,00                     | 1,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,50                | 1,50                | 1,30   | 1,00                     | 1,00                 |
| Ballast <sup>(3)</sup>                            | favorevoli  | $\gamma_B$    | 0,90                | 1,00                | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,50                | 1,50                | 1,30   | 1,00                     | 1,00                 |
| Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>      | favorevoli  | $\gamma_Q$    | 0,00                | 0,00                | 0,00   | 0,00                     | 0,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,45                | 1,45                | 1,25   | 0,20 <sup>(5)</sup>      | 0,20 <sup>(5)</sup>  |
| Carichi variabili                                 | favorevoli  | $\gamma_{Qi}$ | 0,00                | 0,00                | 0,00   | 0,00                     | 0,00                 |
|   | sfavorevoli |               | 1,50                | 1,50                | 1,30   | 1,00                     | 0,00                 |
| Precompressione                                   | favorevole  | $\gamma_P$    | 0,90                | 1,00                | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |
|   | sfavorevole |               | 1,00 <sup>(6)</sup> | 1,00 <sup>(7)</sup> | 1,00   | 1,00                     | 1,00                 |

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Tab. 1 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

| Azioni                     |   | $\psi_0$            | $\psi_1$            | $\psi_2$ |
|----------------------------|---|---------------------|---------------------|----------|
| Azioni singole da traffico | Carico sul rilevato a tergo delle spalle                | 0,80                | 0,50                | 0,0      |
|                            | Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli | 0,80                | 0,50                | 0,0      |
| Gruppi di carico           | gr1   | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,80 <sup>(1)</sup> | 0,0      |
|                            | gr2   | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,80 <sup>(1)</sup> | -        |
|                            | gr3   | 0,80 <sup>(2)</sup> | 0,80 <sup>(1)</sup> | 0,0      |
|                            | gr4   | 1,00                | 1,00 <sup>(1)</sup> | 0,0      |
| Azioni del vento           | F <sub>Wk</sub>   | 0,60                | 0,50                | 0,0      |
| Azioni da neve             | in fase di esecuzione                                   | 0,80                | 0,0                 | 0,0      |
|                            | SLU e SLE   | 0,0                 | 0,0                 | 0,0      |
| Azioni termiche            | T <sub>k</sub>  | 0,60                | 0,60                | 0,50     |

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 2 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni

## 12 RISULTATI E VERIFICHE SCATOLARE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del programma di calcolo Sap2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti all'intradosso della soletta di fondazione necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

Convenzione assi

**x** = asse trasversale dello scatolare

**y** = asse longitudinale dello scatolare

**z** = asse verticale dello scatolare

Nelle immagini a seguire si riportano i digrammi di involucro delle sollecitazioni per gli stati limite ultimi statici e sismici e per gli stati limite d'esercizio.

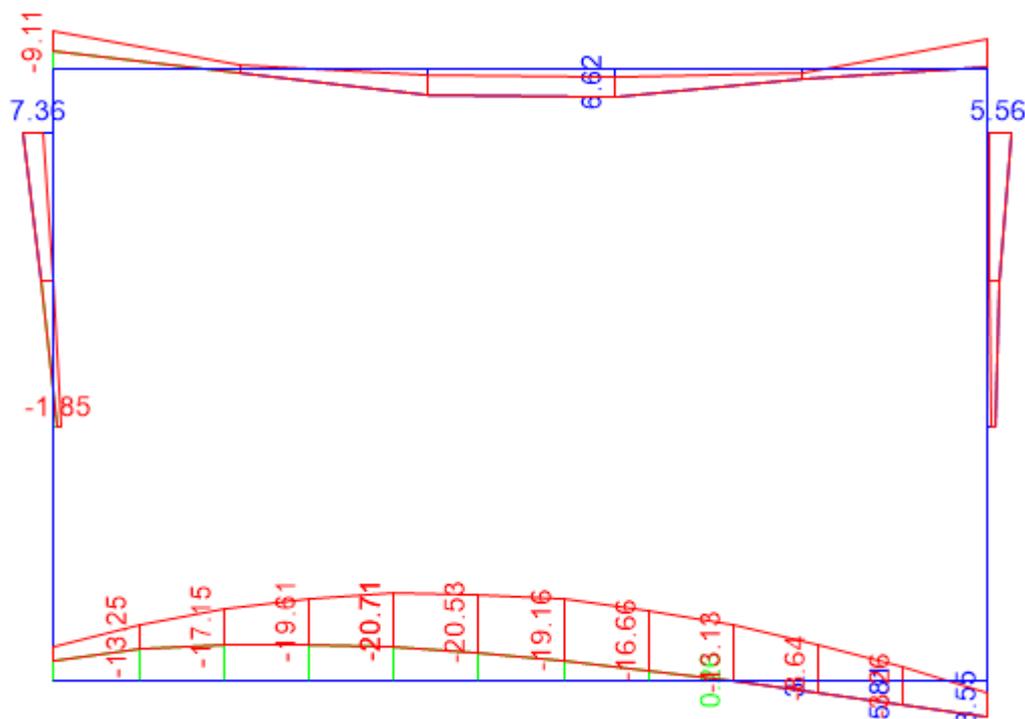


Fig. 9 – Momento flettente enve-SLU.

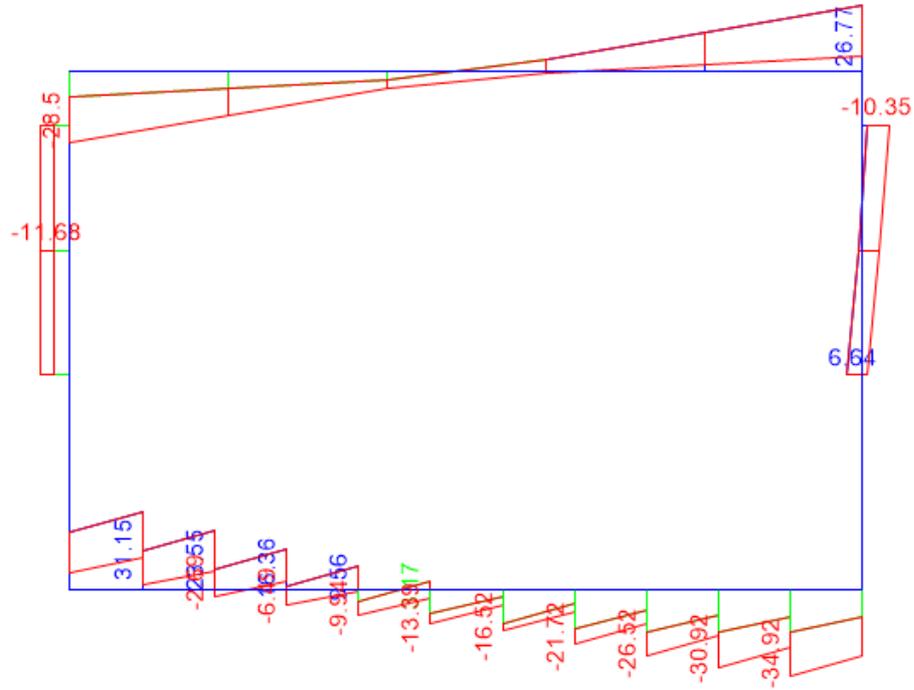


Fig. 10 – Taglio enve-SLU.

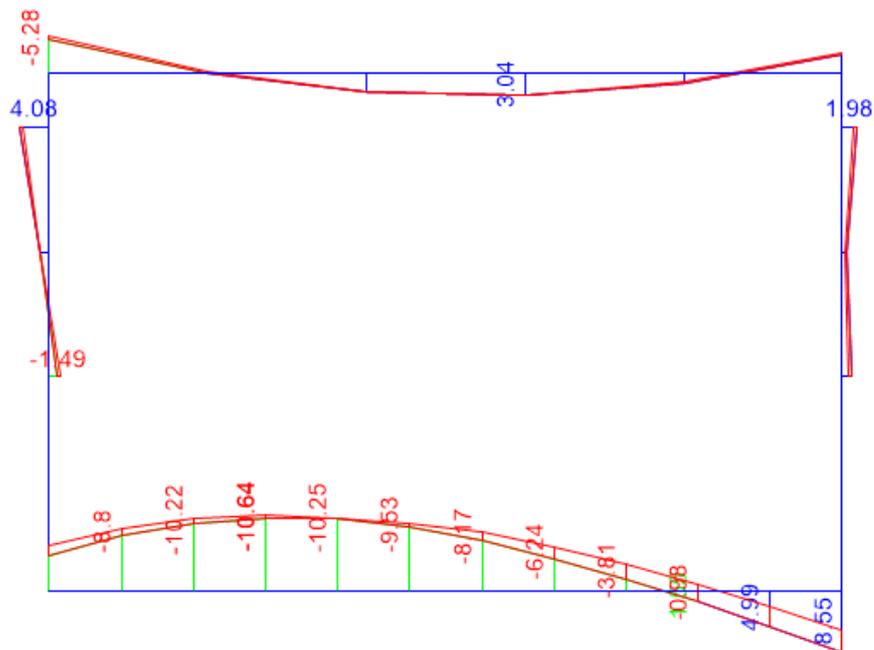


Fig. 11 – Momento flettente enve-SLV.

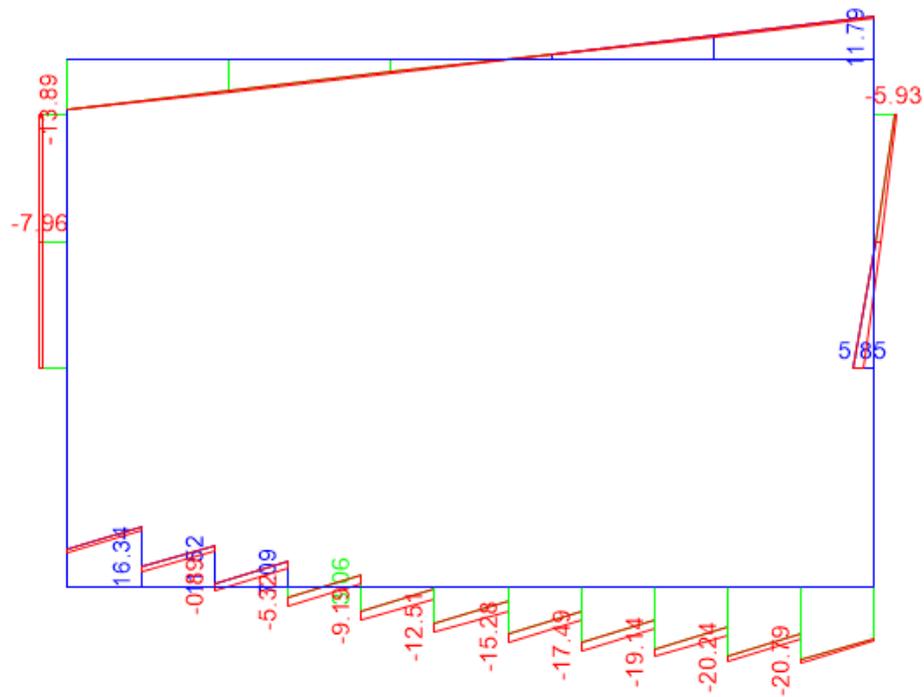


Fig. 12 – Taglio enve-SLV.

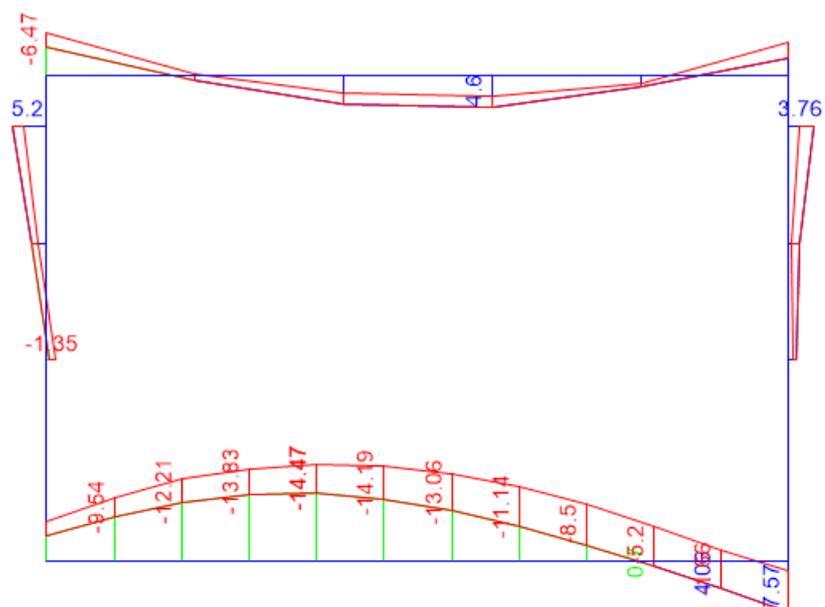


Fig. 13 – Momento flettente enve-SLE.

## 12.1 Verifiche piedritti

| SLV             |     |            | P             | V2           | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|-----------------|-----|------------|---------------|--------------|--------------|-------|---------|------------|
|                 |     |            | KN            | KN           | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3              | max | SLV        | -22.00        | 17.17        | <b>6.48</b>  | 65    | 0.20    | sis1_nl    |
| M3              | min |            | -14.13        | -2.32        | <b>-0.57</b> | 65    | 1.25    | sis1_nl    |
| V2              | max |            | -22.00        | <b>17.17</b> | 6.48         | 65    | 0.20    | sis1_nl    |
| V2              | min |            | -27.54        | <b>-5.08</b> | -0.08        | 63    | 0.20    | sis1_nl    |
| P               | max |            | <b>-14.13</b> | -2.32        | -0.57        | 65    | 1.25    | sis1_nl    |
| P               | min |            | <b>-27.54</b> | -5.08        | -0.08        | 63    | 0.20    | sis1_nl    |
|                 |     |            |               |              |              |       |         |            |
| SLU             |     |            | P             | V2           | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|                 |     |            | KN            | KN           | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3              | max | SLU        | -42.04        | 13.17        | <b>8.21</b>  | 65    | 0.20    | slu2_nl    |
| M3              | min |            | -8.92         | 0.41         | <b>-1.48</b> | 65    | 1.25    | slu3_nl    |
| V2              | max |            | -23.92        | <b>15.39</b> | 6.86         | 65    | 0.20    | slu6_nl    |
| V2              | min |            | -23.95        | <b>-4.40</b> | -0.51        | 63    | 0.20    | slu3_nl    |
| P               | max |            | <b>-8.92</b>  | 0.41         | -1.48        | 65    | 1.25    | slu3_nl    |
| P               | min |            | <b>-45.95</b> | -3.21        | 3.52         | 63    | 0.20    | slu2_nl    |
|                 |     |            |               |              |              |       |         |            |
| SLE - RARA      |     |            | P             | V2           | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|                 |     |            | KN            | KN           | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3              | max | SLE<br>RAR | -29.79        | 10.99        | <b>6.06</b>  | 65    | 0.20    | rar1_nl    |
| M3              | min |            | -15.32        | -1.17        | <b>0.69</b>  | 65    | 1.25    | rar2_nl    |
| V2              | max |            | -23.19        | <b>11.14</b> | 5.18         | 65    | 0.20    | rar2_nl    |
| V2              | min |            | -32.95        | <b>-2.70</b> | 2.24         | 63    | 0.20    | rar1_nl    |
| P               | max |            | <b>-15.32</b> | -1.17        | 0.69         | 65    | 1.25    | rar2_nl    |
| P               | min |            | <b>-32.95</b> | -2.70        | 2.24         | 63    | 0.20    | rar1_nl    |
|                 |     |            |               |              |              |       |         |            |
| SLE - FREQUENTE |     |            | P             | V2           | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|                 |     |            | KN            | KN           | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3              | max | SLE<br>FRE | -23.19        | 11.14        | <b>5.18</b>  | 65    | 0.20    | fre1_nl    |
| M3              | min |            | -15.32        | -1.17        | <b>0.69</b>  | 65    | 1.25    | fre1_nl    |
| V2              | max |            | -23.19        | <b>11.14</b> | 5.18         | 65    | 0.20    | fre1_nl    |
| V2              | min |            | -26.35        | <b>-2.55</b> | 1.35         | 63    | 0.20    | fre1_nl    |
| P               | max |            | <b>-15.32</b> | -1.17        | 0.69         | 65    | 1.25    | fre1_nl    |
| P               | min |            | <b>-26.35</b> | -2.55        | 1.35         | 63    | 0.20    | fre1_nl    |
|                 |     |            |               |              |              |       |         |            |
| SLE - Q.P.      |     |            | P             | V2           | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|                 |     |            | KN            | KN           | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3              | max | SLE<br>QPE | -22.22        | 15.63        | <b>6.24</b>  | 65    | 0.20    | qpe2_nl    |
| M3              | min |            | -14.35        | -1.96        | <b>-0.34</b> | 65    | 1.25    | qpe2_nl    |
| V2              | max |            | -22.22        | <b>15.63</b> | 6.24         | 65    | 0.20    | qpe2_nl    |
| V2              | min |            | -27.31        | <b>-4.55</b> | 0.23         | 63    | 0.20    | qpe2_nl    |
| P               | max |            | <b>-14.35</b> | -1.96        | -0.34        | 65    | 1.25    | qpe2_nl    |
| P               | min |            | <b>-27.31</b> | -4.55        | 0.23         | 63    | 0.20    | qpe2_nl    |

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA

REL

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IADR

00

D 29 CL

GA 01 00 001

A

30 di 66

### 12.1.1 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi  |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.   |
| Tipologia sezione:            | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione:          | Rettagonolare  |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante  |
| Condizioni Ambientali:        | Poco aggressive  |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia  |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica   |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                        |   |                     |                     |
|------------------------|---|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -         | Classe:   | C30/37              |                     |
|                        | Resistenza compress. di progetto fcd:               | 170.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Deform. unitaria max resistenza ec2:                | 0.0020              |                     |
|                        | Deformazione unitaria ultima ecu:                   | 0.0035              |                     |
|                        | Diagramma tensioni-deformaz.:                       | Parabola-Rettangolo |                     |
|                        | Modulo Elastico Normale Ec:                         | 328360              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Resis. media a trazione fctm:                       | 29.00               | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Coeff.Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |                     |
|                        | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                        | 165.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                   | 165.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:           | 0.200               | mm                  |
|                        | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                | 120.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                | 0.200               | mm                  |
| ACCIAIO -              | Tipo:   | B450C               |                     |
|                        | Resist. caratt. a snervamento fyk:                  | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Resist. caratt. a rottura ftk:                      | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Resist. a snerv. di progetto fyd:                   | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Resist. ultima di progetto ftd:                     | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Deform. ultima di progetto Epu:                     | 0.068               |                     |
|                        | Modulo Elastico Ef:                                 | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Diagramma tensioni-deformaz.:                       | Bilineare finito    |                     |
|                        | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :   | 1.00                |                     |
|                        | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 0.50                |                     |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 3375.0  | daN/cm <sup>2</sup> |                     |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base:                          | 100.0 | cm                      |
| Altezza:                       | 30.0  | cm                      |
| Barre inferiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Barre superiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

|          |     |          |              |      |          |
|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 31 di 66 |

| N°Comb. | N    | Mx   | Vy | MT |
|---------|------|------|----|----|
| 1       | 4204 | 821  | 0  | 0  |
| 2       | 892  | -148 | 0  | 0  |
| 3       | 2392 | 686  | 0  | 0  |
| 4       | 2395 | -51  | 0  | 0  |
| 5       | 892  | -148 | 0  | 0  |
| 6       | 4595 | 352  | 0  | 0  |

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N    | Mx  |
|---------|------|-----|
| 1       | 2979 | 606 |
| 2       | 1532 | 69  |
| 3       | 2319 | 518 |
| 4       | 3295 | 224 |
| 5       | 1532 | 69  |
| 6       | 3295 | 224 |

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

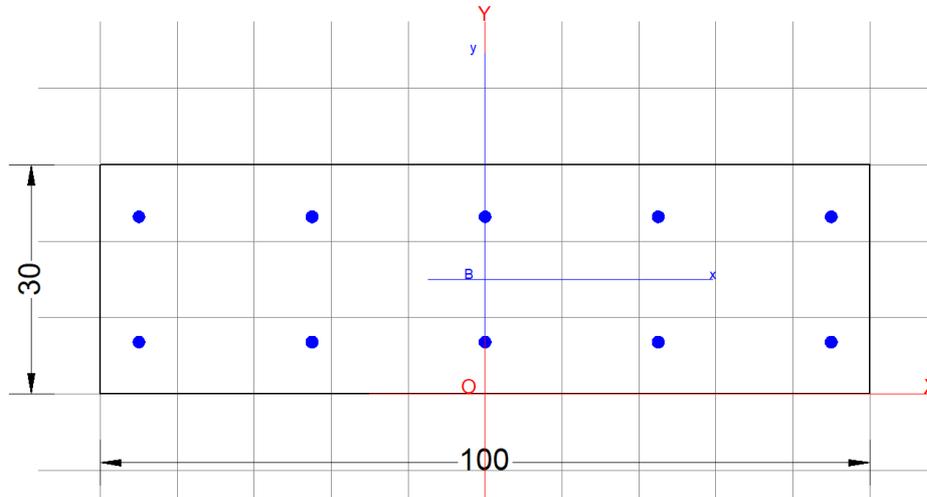
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N    | Mx           |
|---------|------|--------------|
| 1       | 2319 | 518 (6093)   |
| 2       | 1532 | 69 (0)       |
| 3       | 2319 | 518 (6093)   |
| 4       | 2635 | 135 (142413) |
| 5       | 1532 | 69 (0)       |
| 6       | 2635 | 135 (142413) |

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N    | Mx         |
|---------|------|------------|
| 1       | 2222 | 624 (5757) |
| 2       | 1435 | -34 (0)    |
| 3       | 2222 | 624 (5757) |
| 4       | 2731 | 23 (0)     |
| 5       | 1435 | -34 (0)    |
| 6       | 2731 | 23 (0)     |



## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

## VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N    | Mx   | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa    |
|--------|-----|------|------|------|-------|----------|------|------|--------|------------|
| 1      | S   | 4204 | 821  | 4213 | 10045 | 12.235   | 25.0 | 0.22 | 0.71   | 20.1 (3.9) |
| 2      | S   | 892  | -148 | 892  | -9735 | 65.779   | 4.9  | 0.21 | 0.70   | 20.1 (3.9) |
| 3      | S   | 2392 | 686  | 2390 | 9875  | 14.395   | 25.1 | 0.21 | 0.71   | 20.1 (3.9) |
| 4      | S   | 2395 | -51  | 2390 | -9875 | 193.628  | 4.9  | 0.21 | 0.71   | 20.1 (3.9) |
| 5      | S   | 892  | -148 | 892  | -9735 | 65.779   | 4.9  | 0.21 | 0.70   | 20.1 (3.9) |
| 6      | S   | 4595 | 352  | 4592 | 10080 | 28.637   | 25.0 | 0.22 | 0.71   | 20.1 (3.9) |

## DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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)  
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 compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

|          |     |          |              |      |          |
|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 33 di 66 |

|   |         |      |          |      |          |      |
|---|---------|------|----------|------|----------|------|
| 1 | 0.00350 | 30.0 | -0.00126 | 23.2 | -0.01275 | 6.8  |
| 2 | 0.00350 | 0.0  | -0.00136 | 6.8  | -0.01307 | 23.2 |
| 3 | 0.00350 | 30.0 | -0.00131 | 23.2 | -0.01292 | 6.8  |
| 4 | 0.00350 | 0.0  | -0.00131 | 6.8  | -0.01292 | 23.2 |
| 5 | 0.00350 | 0.0  | -0.00136 | 6.8  | -0.01307 | 23.2 |
| 6 | 0.00350 | 30.0 | -0.00125 | 23.2 | -0.01271 | 6.8  |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

|         |  |
|---------|--|
| Ver     | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| Sc max  | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )  |
| Yc max  | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  |
| Sc min  | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )   |
| Yc min  | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  |
| Sf min  | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [(daN/cm <sup>2</sup> )   |
| Ys min  | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre   |
| Ac eff. | Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)   |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci.<br>(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2) |

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 7.6    | 30.0   | 0.0    | 19.5   | -139   | 23.2   | 6.5     | 652     | 10.1    | 21.6    |
| 2      | S   | 0.9    | 30.0   | 0.0    | 0.0    | 4      | 23.2   | 0.0     | 0       | 0.0     | 0.0     |
| 3      | S   | 6.6    | 30.0   | 0.0    | 20.0   | -130   | 23.2   | 6.7     | 666     | 10.1    | 21.6    |
| 4      | S   | 2.4    | 30.0   | 0.0    | 5.2    | 2      | 23.2   | 1.8     | 178     | 10.1    | 21.6    |
| 5      | S   | 0.9    | 30.0   | 0.0    | 0.0    | 4      | 23.2   | 0.0     | 0       | 0.0     | 0.0     |
| 6      | S   | 2.4    | 30.0   | 0.0    | 5.2    | 2      | 23.2   | 1.8     | 178     | 10.1    | 21.6    |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|         |   |
|---------|---|
| Ver     | Esito verifica  |
| e1      | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata                                 |
| e2      | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata                               |
| K2      | = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC                    |
| Kt      | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2   |
| e sm    | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es    |
| srm     | Distanza massima in mm tra le fessure   |
| wk      | Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite. |
| M fess. | Momento di prima fessurazione [daNm]  |

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm  | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|------|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00011 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000042 (0.000042) | 380  | 0.016 (0.20) | 6268    |
| 2      | S   | 0.00000  | 0.00001 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |
| 3      | S   | -0.00010 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000039 (0.000039) | 384  | 0.015 (0.20) | 6093    |
| 4      | S   | 0.00000  | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000001 (0.000001) | 252  | 0.000 (0.20) | 17469   |
| 5      | S   | 0.00000  | 0.00001 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |
| 6      | S   | 0.00000  | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000001 (0.000001) | 252  | 0.000 (0.20) | 17469   |

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 6.6    | 30.0   | 0.0    | 20.0   | -130   | 23.2   | 6.7     | 666     | 10.1    | 21.6    |
| 2      | S   | 0.9    | 30.0   | 0.0    | 0.0    | 4      | 23.2   | 0.0     | 0       | 0.0     | 0.0     |
| 3      | S   | 6.6    | 30.0   | 0.0    | 20.0   | -130   | 23.2   | 6.7     | 666     | 10.1    | 21.6    |

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

| COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 34 di 66 |

|   |   |     |      |     |     |   |      |     |    |      |      |
|---|---|-----|------|-----|-----|---|------|-----|----|------|------|
| 4 | S | 1.6 | 30.0 | 0.0 | 0.5 | 5 | 23.2 | 0.2 | 17 | 10.1 | 21.6 |
| 5 | S | 0.9 | 30.0 | 0.0 | 0.0 | 4 | 23.2 | 0.0 | 0  | 0.0  | 0.0  |
| 6 | S | 1.6 | 30.0 | 0.0 | 0.5 | 5 | 23.2 | 0.2 | 17 | 10.1 | 21.6 |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm  | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|------|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00010 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000039 (0.000039) | 384  | 0.015 (0.20) | 6093    |
| 2      | S   | 0.00000  | 0.00001 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |
| 3      | S   | -0.00010 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000039 (0.000039) | 384  | 0.015 (0.20) | 6093    |
| 4      | S   | 0.00000  | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000002 (0.000002) | 209  | 0.000 (0.20) | 142413  |
| 5      | S   | 0.00000  | 0.00001 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |
| 6      | S   | 0.00000  | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000002 (0.000002) | 209  | 0.000 (0.20) | 142413  |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 8.1    | 30.0   | 0.0    | 20.8   | -184   | 23.2   | 6.9     | 692     | 10.1    | 21.6    |
| 2      | S   | 0.6    | 0.0    | 0.2    | 30.0   | 5      | 6.8    | 0.0     | 0       | 0.0     | 0.0     |
| 3      | S   | 8.1    | 30.0   | 0.0    | 20.8   | -184   | 23.2   | 6.9     | 692     | 10.1    | 21.6    |
| 4      | S   | 1.0    | 30.0   | 0.7    | 0.0    | 11     | 23.2   | 0.0     | 0       | 0.0     | 0.0     |
| 5      | S   | 0.6    | 0.0    | 0.2    | 30.0   | 5      | 6.8    | 0.0     | 0       | 0.0     | 0.0     |
| 6      | S   | 1.0    | 30.0   | 0.7    | 0.0    | 11     | 23.2   | 0.0     | 0       | 0.0     | 0.0     |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm  | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|------|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00014 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000055 (0.000055) | 391  | 0.022 (0.20) | 5757    |
| 2      | S   | 0.00000  | 0.00000 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |
| 3      | S   | -0.00014 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000055 (0.000055) | 391  | 0.022 (0.20) | 5757    |
| 4      | S   | 0.00001  | 0.00001 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |
| 5      | S   | 0.00000  | 0.00000 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |
| 6      | S   | 0.00001  | 0.00001 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$  15.39 kN

$N_{Ed}$  0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$  37 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  30.71 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  17.40 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  300 mm

Copriferro

$c$  6.8 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  293.2 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  300000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  5

$\emptyset$  16 mm

$A_{sl}$  1004.8 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0034 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.0000 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$  1.83 ≤ 2 **ok**

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$  0.29

$V_{Rd}$  140.79 kN

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

### 12.1.2 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico                         |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.   |
| Tipologia sezione:            | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione:          | Rettangolare   |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante  |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia  |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica   |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                               |                                       |                     |                     |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                | Classe:                               | C30/37              |                     |
|                               | Resistenza compress. di progetto fcd: | 170.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Deform. unitaria max resistenza ec2:  | 0.0020              |                     |
|                               | Deformazione unitaria ultima ecu:     | 0.0035              |                     |
|                               | Diagramma tensioni-deformaz.:         | Parabola-Rettangolo |                     |
|                               | Modulo Elastico Normale Ec:           | 328360              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resis. media a trazione fctm:         | 29.00               | daN/cm <sup>2</sup> |
| ACCIAIO -                     | Tipo:                                 | B450C               |                     |
|                               | Resist. caratt. a snervamento fyk:    | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resist. caratt. a rottura ftk:        | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resist. a snerv. di progetto fyd:     | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resist. ultima di progetto ftd:       | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Deform. ultima di progetto Epu:       | 0.068               |                     |
|                               | Modulo Elastico Ef:                   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito                      |                     |                     |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base:                          | 100.0 | cm                      |
| Altezza:                       | 30.0  | cm                      |
| Barre inferiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Barre superiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |

| N°Comb. | N    | Mx  | Vy | MT |
|---------|------|-----|----|----|
| 1       | 2200 | 648 | 0  | 0  |
| 2       | 1413 | -57 | 0  | 0  |
| 3       | 2200 | 648 | 0  | 0  |
| 4       | 2754 | -8  | 0  | 0  |
| 5       | 1413 | -57 | 0  | 0  |
| 6       | 2754 | -8  | 0  | 0  |

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx re Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N    | Mx  | N re | Mx re | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa    |
|--------|-----|------|-----|------|-------|----------|------|------|--------|------------|
| 1      | S   | 2200 | 648 | 2194 | 8459  | 13.054   | 23.1 | 0.30 | 0.81   | 10.1 (3.9) |
| 2      | S   | 1413 | -57 | 1424 | -8375 | 146.931  | 6.8  | 0.29 | 0.81   | 10.1 (3.9) |
| 3      | S   | 2200 | 648 | 2194 | 8459  | 13.054   | 23.1 | 0.30 | 0.81   | 10.1 (3.9) |
| 4      | S   | 2754 | -8  | 2781 | -8523 | 1065.404 | 6.9  | 0.30 | 0.81   | 10.1 (3.9) |
| 5      | S   | 1413 | -57 | 1424 | -8375 | 146.931  | 6.8  | 0.29 | 0.81   | 10.1 (3.9) |
| 6      | S   | 2754 | -8  | 2781 | -8523 | 1065.404 | 6.9  | 0.30 | 0.81   | 10.1 (3.9) |

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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)  
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 compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | Yc max | es min  | Ys min | es max   | Ys max |
|--------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1      | 0.00082 | 30.0   | 0.00001 | 23.2   | -0.00196 | 6.8    |
| 2      | 0.00081 | 0.0    | 0.00000 | 6.8    | -0.00196 | 23.2   |
| 3      | 0.00082 | 30.0   | 0.00001 | 23.2   | -0.00196 | 6.8    |
| 4      | 0.00083 | 0.0    | 0.00001 | 6.8    | -0.00196 | 23.2   |
| 5      | 0.00081 | 0.0    | 0.00000 | 6.8    | -0.00196 | 23.2   |
| 6      | 0.00083 | 0.0    | 0.00001 | 6.8    | -0.00196 | 23.2   |

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$  17.17 kN

$N_{Ed}$  0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$  37 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  30.71 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  17.40 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  300 mm

Copriferro

$c$  6.8 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  293.2 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  300000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  5

$\emptyset$  16 mm

$A_{sl}$  1004.8 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0034 ≤ 0.02 ok

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.0000 ≤ 0.2  $f_{cd}$  ok

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$  1.83 ≤ 2 ok

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$  0.29

$V_{Rd}$  140.79 kN

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

### 12.1.3 Riepilogo verifiche

| VERIFICA A PRESSOFLESSIONE |                            |                |                           |                 |       |
|----------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------|-----------------|-------|
| ARMATURA                   | SOLLECITAZIONI DI PROGETTO |                | SOLLECITAZIONI RESISTENTI |                 | FS    |
|                            | $N_{ED}$ (KN)              | $M_{ED}$ (KNm) | $N_{RES}$ (KN)            | $M_{RES}$ (KNm) |       |
| 5+5 $\Phi$ 16              | 42.04                      | 8.21           | 42.13                     | 100.45          | 12.23 |

| VERIFICA A TAGLIO |               |      |                   |
|-------------------|---------------|------|-------------------|
| $V_{ED}$ (KN)     | $V_{RD}$ (KN) | FS   | ARMATURA A TAGLIO |
| 17.17             | 140.79        | 8.19 | NO                |

| VERIFICA A FESSURAZIONE |                       |                      |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Mfess (KNm)             | Apertura fessure (mm) | Apertura limite (mm) |
| 62.68                   | 0.016                 | 0.2                  |

| TENSIONI MASSIME AMMISSIBILI MATERIALI |  |  |  |
|--|--|--|--|
| $S_{c_{MAX}}$ cls                      | $S_{c_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) cls | $S_{f_{MIN}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio | $S_{f_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio |
| 0.066                                  | 1.65                                   | 1.3  | 33.75                                      |

**Verifiche soletta inferiore**

| SLV |     |     | P             | V2            | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|-----|-----|-----|---------------|---------------|--------------|-------|---------|------------|
|     |     |     | KN            | KN            | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3  | max | SLV | -24.22        | -18.37        | <b>6.21</b>  | 11    | 0.20    | sis1_nl    |
| M3  | min |     | -24.22        | 2.02          | <b>-8.76</b> | 5     | 0.20    | sis1_nl    |
| V2  | max |     | -19.04        | <b>14.24</b>  | -6.19        | 3     | 0.20    | sis2_nl    |
| V2  | min |     | -24.22        | <b>-20.37</b> | 2.34         | 11    | 0.00    | sis1_nl    |
| P   | max |     | <b>-19.04</b> | 12.24         | -3.54        | 3     | 0.00    | sis2_nl    |
| P   | min |     | <b>-24.22</b> | 11.26         | -4.84        | 3     | 0.00    | sis1_nl    |

| SLU |     |     | P             | V2            | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|-----|-----|-----|---------------|---------------|---------------|-------|---------|------------|
|     |     |     | KN            | KN            | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| M3  | max | SLU | -21.09        | -15.08        | <b>5.88</b>   | 11    | 0.20    | slu3_nl    |
| M3  | min |     | -19.29        | 2.77          | <b>-14.59</b> | 6     | 0.20    | slu2_nl    |
| V2  | max |     | -19.29        | <b>26.84</b>  | -9.09         | 3     | 0.20    | slu2_nl    |
| V2  | min |     | -19.29        | <b>-32.03</b> | -2.11         | 11    | 0.00    | slu2_nl    |
| P   | max |     | <b>-18.87</b> | 19.94         | -3.93         | 3     | 0.00    | slu7_nl    |
| P   | min |     | <b>-21.51</b> | 13.13         | -4.61         | 3     | 0.00    | slu6_nl    |

| SLE - RARA |     |         | P             | V2            | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|------------|-----|---------|---------------|---------------|---------------|-------|---------|------------|
|            |     |         | KN            | KN            | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| M3         | max | SLE RAR | -16.82        | -16.96        | <b>3.64</b>   | 11    | 0.20    | rar2_nl    |
| M3         | min |         | -16.67        | 1.39          | <b>-10.35</b> | 6     | 0.20    | rar1_nl    |
| V2         | max |         | -16.67        | <b>18.87</b>  | -6.75         | 3     | 0.20    | rar1_nl    |
| V2         | min |         | -16.67        | <b>-23.17</b> | -0.99         | 11    | 0.00    | rar1_nl    |
| P          | max |         | <b>-15.01</b> | 12.84         | -2.78         | 3     | 0.00    | rar4_nl    |
| P          | min |         | <b>-16.82</b> | 12.66         | -2.98         | 3     | 0.00    | rar2_nl    |

| SLE - FREQUENTE |     |         | P             | V2            | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|-----------------|-----|---------|---------------|---------------|--------------|-------|---------|------------|
|                 |     |         | KN            | KN            | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3              | max | SLE FRE | -16.82        | -16.96        | <b>3.64</b>  | 11    | 0.20    | fre1_nl    |
| M3              | min |         | -16.82        | 4.78          | <b>-8.18</b> | 5     | 0.20    | fre1_nl    |
| V2              | max |         | -7.73         | <b>15.55</b>  | -4.87        | 3     | 0.20    | fre3_nl    |
| V2              | min |         | -16.82        | <b>-18.96</b> | 0.05         | 11    | 0.00    | fre1_nl    |
| P               | max |         | <b>-7.73</b>  | 13.55         | -1.96        | 3     | 0.00    | fre3_nl    |
| P               | min |         | <b>-16.82</b> | 12.66         | -2.98        | 3     | 0.00    | fre1_nl    |

| SLE - Q.P. |     |         | P             | V2            | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|------------|-----|---------|---------------|---------------|--------------|-------|---------|------------|
|            |     |         | KN            | KN            | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3         | max | SLE QPE | -21.65        | -18.05        | <b>5.63</b>  | 11    | 0.20    | qpe2_nl    |
| M3         | min |         | -21.65        | 2.62          | <b>-8.65</b> | 5     | 0.20    | qpe2_nl    |
| V2         | max |         | -16.82        | <b>14.66</b>  | -5.71        | 3     | 0.20    | qpe1_nl    |
| V2         | min |         | -21.65        | <b>-20.05</b> | 1.82         | 11    | 0.00    | qpe2_nl    |
| P          | max |         | <b>-16.82</b> | 12.66         | -2.98        | 3     | 0.00    | qpe1_nl    |
| P          | min |         | <b>-21.65</b> | 11.58         | -4.45        | 3     | 0.00    | qpe2_nl    |



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

|  |          |     |          |              |      |          |
|--|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI            | COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES | IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 41 di 66 |

12.1.4 Verifica in condizioni statiche

**DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi  |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.   |
| Tipologia sezione:            | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione:          | Rettagolare  |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante  |
| Condizioni Ambientali:        | Poco aggressive  |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia  |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica   |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                        |   |                     |                     |
|------------------------|---|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -         | Classe:   | C30/37              |                     |
|                        | Resistenza compress. di progetto fcd:               | 170.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Deform. unitaria max resistenza ec2:                | 0.0020              |                     |
|                        | Deformazione unitaria ultima ecu:                   | 0.0035              |                     |
|                        | Diagramma tensioni-deformaz.:                       | Parabola-Rettangolo |                     |
|                        | Modulo Elastico Normale Ec:                         | 328360              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Resis. media a trazione fctm:                       | 29.00               | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Coeff.Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |                     |
|                        | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                        | 165.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                   | 165.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:           | 0.200               | mm                  |
|                        | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                | 120.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                | 0.200               | mm                  |
| ACCIAIO -              | Tipo:   | B450C               |                     |
|                        | Resist. caratt. a snervamento fyk:                  | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Resist. caratt. a rottura ftk:                      | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Resist. a snerv. di progetto fyd:                   | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Resist. ultima di progetto ftd:                     | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Deform. ultima di progetto Epu:                     | 0.068               |                     |
|                        | Modulo Elastico Ef:                                 | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                        | Diagramma tensioni-deformaz.:                       | Bilineare finito    |                     |
|                        | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :   | 1.00                |                     |
|                        | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 0.50                |                     |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 3375.0  | daN/cm <sup>2</sup> |                     |

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base:                          | 100.0 | cm                      |
| Altezza:                       | 40.0  | cm                      |
| Barre inferiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Barre superiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

|          |     |          |              |      |          |
|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 42 di 66 |

| N°Comb. | N    | Mx    | Vy | MT |
|---------|------|-------|----|----|
| 1       | 2109 | 588   | 0  | 0  |
| 2       | 1929 | -1459 | 0  | 0  |
| 3       | 1929 | -909  | 0  | 0  |
| 4       | 1929 | -211  | 0  | 0  |
| 5       | 1887 | -393  | 0  | 0  |
| 6       | 2151 | -461  | 0  | 0  |

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N    | Mx    |
|---------|------|-------|
| 1       | 1682 | 364   |
| 2       | 1667 | -1035 |
| 3       | 1667 | -675  |
| 4       | 1667 | -99   |
| 5       | 1501 | -278  |
| 6       | 1682 | -298  |

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

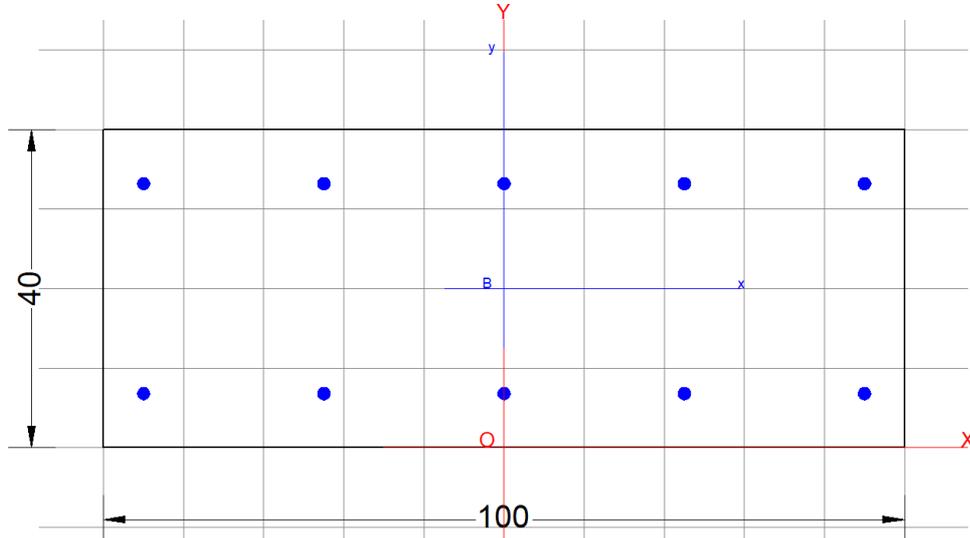
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N    | Mx            |
|---------|------|---------------|
| 1       | 1682 | 364 (12396)   |
| 2       | 1682 | -818 (-9879)  |
| 3       | 773  | -487 (-9525)  |
| 4       | 1682 | 5 (0)         |
| 5       | 773  | -196 (-11615) |
| 6       | 1682 | -298 (-13800) |

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N    | Mx            |
|---------|------|---------------|
| 1       | 2165 | 563 (11509)   |
| 2       | 2165 | -865 (-10241) |
| 3       | 1682 | -571 (-10627) |
| 4       | 2165 | 182 (44735)   |
| 5       | 1682 | -298 (-13800) |
| 6       | 2165 | -445 (-12705) |



## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.9 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $>= 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.1.1 NTC: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N    | Mx    | N rd | Mx rd  | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa    |
|--------|-----|------|-------|------|--------|----------|------|------|--------|------------|
| 1      | S   | 2109 | 588   | 2100 | 13887  | 23.617   | 35.1 | 0.15 | 0.70   | 20.1 (5.6) |
| 2      | S   | 1929 | -1459 | 1922 | -13861 | 9.500    | 4.9  | 0.15 | 0.70   | 20.1 (5.6) |
| 3      | S   | 1929 | -909  | 1922 | -13861 | 15.249   | 4.9  | 0.15 | 0.70   | 20.1 (5.6) |
| 4      | S   | 1929 | -211  | 1922 | -13861 | 65.693   | 4.9  | 0.15 | 0.70   | 20.1 (5.6) |
| 5      | S   | 1887 | -393  | 1862 | -13853 | 35.248   | 4.9  | 0.15 | 0.70   | 20.1 (5.6) |
| 6      | S   | 2151 | -461  | 2160 | -13895 | 30.142   | 4.9  | 0.15 | 0.70   | 20.1 (5.6) |

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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)  
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 compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

|  |          |     |          |              |      |          |
|--|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI            | COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES | IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 44 di 66 |

|   |         |      |          |      |          |      |
|---|---------|------|----------|------|----------|------|
| 1 | 0.00350 | 40.0 | -0.00132 | 33.2 | -0.02004 | 6.8  |
| 2 | 0.00350 | 0.0  | -0.00133 | 6.8  | -0.02007 | 33.2 |
| 3 | 0.00350 | 0.0  | -0.00133 | 6.8  | -0.02007 | 33.2 |
| 4 | 0.00350 | 0.0  | -0.00133 | 6.8  | -0.02007 | 33.2 |
| 5 | 0.00350 | 0.0  | -0.00133 | 6.8  | -0.02008 | 33.2 |
| 6 | 0.00350 | 0.0  | -0.00132 | 6.8  | -0.02004 | 33.2 |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

|         |  |
|---------|--|
| Ver     | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                   |
| Sc max  | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )    |
| Yc max  | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)                          |
| Sc min  | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )     |
| Yc min  | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)                          |
| Sf min  | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> )                        |
| Ys min  | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)                          |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre                 |
| Ac eff. | Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)        |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.) |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci.   |

(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.4    | 40.0   | 0.0    | 24.5   | -42    | 33.2   | 8.2     | 816     | 10.1    | 21.6    |
| 2      | S   | 7.7    | 0.0    | 0.0    | 10.5   | -257   | 6.8    | 9.9     | 993     | 10.1    | 21.6    |
| 3      | S   | 4.9    | 0.0    | 0.0    | 11.7   | -140   | 6.8    | 9.5     | 953     | 10.1    | 21.6    |
| 4      | S   | 0.7    | 0.0    | 0.0    | 40.0   | 2      | 6.8    | 0.0     | 178     | 0.0     | 0.0     |
| 5      | S   | 1.7    | 0.0    | 0.0    | 20.3   | -23    | 6.8    | 7.4     | 740     | 10.1    | 21.6    |
| 6      | S   | 1.8    | 0.0    | 0.0    | 20.9   | -23    | 6.8    | 7.2     | 718     | 10.1    | 21.6    |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|         |   |
|---------|---|
| Ver     | Esito verifica  |
| e1      | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata                                 |
| e2      | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata                               |
| K2      | = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC                    |
| Kt      | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2   |
| e sm    | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es    |
| srm     | Distanza massima in mm tra le fessure   |
| wk      | Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite. |
| M fess. | Momento di prima fessurazione [daNm]  |

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm  | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|------|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00003 | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000013 (0.000013) | 425  | 0.005 (0.20) | 12396   |
| 2      | S   | -0.00017 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000077 (0.000077) | 473  | 0.037 (0.20) | -9542   |
| 3      | S   | -0.00009 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000042 (0.000042) | 462  | 0.019 (0.20) | -10213  |
| 4      | S   | 0.00001  | 0.00000 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |
| 5      | S   | -0.00002 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000007 (0.000007) | 404  | 0.003 (0.20) | -13435  |
| 6      | S   | -0.00002 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000007 (0.000007) | 398  | 0.003 (0.20) | -13800  |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.4    | 40.0   | 0.0    | 24.5   | -42    | 33.2   | 8.2     | 816     | 10.1    | 21.6    |
| 2      | S   | 6.0    | 0.0    | 0.0    | 11.1   | -186   | 6.8    | 9.7     | 974     | 10.1    | 21.6    |
| 3      | S   | 3.6    | 0.0    | 0.0    | 10.5   | -122   | 6.8    | 9.9     | 994     | 10.1    | 21.6    |
| 4      | S   | 0.4    | 40.0   | 0.4    | 0.0    | 6      | 33.2   | 0.0     | 17      | 0.0     | 0.0     |
| 5      | S   | 1.2    | 0.0    | 0.0    | 17.3   | -27    | 6.8    | 8.5     | 854     | 10.1    | 21.6    |

|  |  |  |  |  |  |          |     |          |              |      |          |
|--|--|--|--|--|--|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI            |  |  |  |  |  | COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES |  |  |  |  |  | IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 45 di 66 |

6 S 1.8 0.0 0.0 20.9 -23 6.8 7.2 718 10.1 21.6

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm  | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|------|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00003 | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000013 (0.000013) | 425  | 0.005 (0.20) | 12396   |
| 2      | S   | -0.00012 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000056 (0.000056) | 467  | 0.026 (0.20) | -9879   |
| 3      | S   | -0.00008 | 0.00003 | 0.50 | 0.60 | 0.000036 (0.000036) | 473  | 0.017 (0.20) | -9525   |
| 4      | S   | 0.00000  | 0.00000 | ---- | ---- | ----                | ---- | ----         | 0       |
| 5      | S   | -0.00002 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000008 (0.000008) | 435  | 0.003 (0.20) | -11615  |
| 6      | S   | -0.00002 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000007 (0.000007) | 398  | 0.003 (0.20) | -13800  |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 3.9    | 40.0   | 0.0    | 26.2   | -82    | 33.2   | 8.7     | 873     | 10.1    | 21.6    |
| 2      | S   | 6.3    | 0.0    | 0.0    | 11.8   | -178   | 6.8    | 9.5     | 952     | 10.1    | 21.6    |
| 3      | S   | 4.1    | 0.0    | 0.0    | 12.5   | -106   | 6.8    | 9.3     | 928     | 10.1    | 21.6    |
| 4      | S   | 1.1    | 40.0   | 0.0    | 3.8    | 1      | 33.2   | 1.5     | 152     | 10.1    | 21.6    |
| 5      | S   | 1.8    | 0.0    | 0.0    | 20.9   | -23    | 6.8    | 7.2     | 718     | 10.1    | 21.6    |
| 6      | S   | 2.9    | 0.0    | 0.0    | 16.4   | -47    | 6.8    | 8.0     | 797     | 10.1    | 21.6    |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00006 | 0.00003 | 0.50 | 0.40 | 0.000025 (0.000025) | 440 | 0.011 (0.20) | 11509   |
| 2      | S   | -0.00012 | 0.00005 | 0.50 | 0.40 | 0.000053 (0.000053) | 461 | 0.025 (0.20) | -10241  |
| 3      | S   | -0.00007 | 0.00003 | 0.50 | 0.40 | 0.000032 (0.000032) | 455 | 0.014 (0.20) | -10627  |
| 4      | S   | 0.00000  | 0.00001 | 0.50 | 0.40 | 0.000000 (0.000000) | 245 | 0.000 (0.20) | 44735   |
| 5      | S   | -0.00002 | 0.00001 | 0.50 | 0.40 | 0.000007 (0.000007) | 398 | 0.003 (0.20) | -13800  |
| 6      | S   | -0.00003 | 0.00002 | 0.50 | 0.40 | 0.000014 (0.000014) | 420 | 0.006 (0.20) | -12705  |

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$  26.84 kN

$N_{Ed}$  0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$  37 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  30.71 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  17.40 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  400 mm

Copriferro

$c$  68 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  332 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  400000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  5

$\emptyset$  16 mm

$A_{sl}$  1004.8 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0030 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.0000 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$  1.78 ≤ 2 **ok**

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$  0.28

$V_{Rd}$  148.78 kN

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

| COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 47 di 66 |

### 12.1.5 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe  
 Forma della sezione: Rettangolare  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                               |                                       |                     |                     |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                | Classe:                               | C30/37              |                     |
|                               | Resistenza compress. di progetto fcd: | 170.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Deform. unitaria max resistenza ec2:  | 0.0020              |                     |
|                               | Deformazione unitaria ultima ecu:     | 0.0035              |                     |
|                               | Diagramma tensioni-deformaz.:         | Parabola-Rettangolo |                     |
|                               | Modulo Elastico Normale Ec:           | 328360              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resis. media a trazione fctm:         | 29.00               | daN/cm <sup>2</sup> |
| ACCIAIO -                     | Tipo:                                 | B450C               |                     |
|                               | Resist. caratt. a snervamento fyk:    | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resist. caratt. a rottura ftk:        | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resist. a snerv. di progetto fyd:     | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resist. ultima di progetto ftd:       | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Deform. ultima di progetto Epu:       | 0.068               |                     |
|                               | Modulo Elastico Ef:                   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito                      |                     |                     |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base:                          | 100.0 | cm                      |
| Altezza:                       | 40.0  | cm                      |
| Barre inferiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Barre superiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |

| N°Comb. | N    | Mx   | Vy | MT |
|---------|------|------|----|----|
| 1       | 2422 | 621  | 0  | 0  |
| 2       | 2422 | -876 | 0  | 0  |
| 3       | 1904 | -619 | 0  | 0  |
| 4       | 2422 | 234  | 0  | 0  |
| 5       | 1904 | -354 | 0  | 0  |
| 6       | 2422 | -484 | 0  | 0  |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.9 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx re Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.1.1 NTC: non richiesto per calcolo non dissipativo  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N    | Mx   | N re | Mx re  | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa    |
|--------|-----|------|------|------|--------|----------|------|------|--------|------------|
| 1      | S   | 2422 | 621  | 2416 | 12286  | 19.784   | 31.8 | 0.25 | 0.75   | 10.1 (5.6) |
| 2      | S   | 2422 | -876 | 2416 | -12286 | 14.025   | 8.2  | 0.25 | 0.75   | 10.1 (5.6) |
| 3      | S   | 1904 | -619 | 1914 | -12208 | 19.722   | 8.1  | 0.24 | 0.75   | 10.1 (5.6) |
| 4      | S   | 2422 | 234  | 2416 | 12286  | 52.503   | 31.8 | 0.25 | 0.75   | 10.1 (5.6) |
| 5      | S   | 1904 | -354 | 1914 | -12208 | 34.485   | 8.1  | 0.24 | 0.75   | 10.1 (5.6) |
| 6      | S   | 2422 | -484 | 2416 | -12286 | 25.384   | 8.2  | 0.25 | 0.75   | 10.1 (5.6) |

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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)  
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 compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | Yc max | es min  | Ys min | es max   | Ys max |
|--------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1      | 0.00064 | 40.0   | 0.00011 | 33.2   | -0.00196 | 6.8    |
| 2      | 0.00064 | 0.0    | 0.00011 | 6.8    | -0.00196 | 33.2   |
| 3      | 0.00063 | 0.0    | 0.00010 | 6.8    | -0.00196 | 33.2   |
| 4      | 0.00064 | 40.0   | 0.00011 | 33.2   | -0.00196 | 6.8    |
| 5      | 0.00063 | 0.0    | 0.00010 | 6.8    | -0.00196 | 33.2   |
| 6      | 0.00064 | 0.0    | 0.00011 | 6.8    | -0.00196 | 33.2   |

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$  20.37 kN

$N_{Ed}$  0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$  37 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  30.71 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  17.40 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  400 mm

Copriferro

$c$  68 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  332 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  400000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  5

$\emptyset$  16 mm

$A_{sl}$  1004.8 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0030 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.0000 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$  1.78 ≤ 2 **ok**

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$  0.28

$V_{Rd}$  148.78 kN

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

### 12.1.6 Riepilogo verifiche

| VERIFICA A PRESSOFLESSIONE |                            |                |                           |                 |     |
|----------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------|-----------------|-----|
| ARMATURA                   | SOLLECITAZIONI DI PROGETTO |                | SOLLECITAZIONI RESISTENTI |                 | FS  |
|                            | $N_{ED}$ (KN)              | $M_{ED}$ (KNm) | $N_{RES}$ (KN)            | $M_{RES}$ (KNm) |     |
| 5+5 $\Phi$ 16              | 19.29                      | 14.59          | 19.22                     | 138.61          | 9.5 |

| VERIFICA A TAGLIO |               |      |                   |
|-------------------|---------------|------|-------------------|
| $V_{ED}$ (KN)     | $V_{RD}$ (KN) | FS   | ARMATURA A TAGLIO |
| 26.84             | 148.78        | 5.54 | NO                |

| VERIFICA A FESSURAZIONE |                       |                      |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Mfess (KNm)             | Apertura fessure (mm) | Apertura limite (mm) |
| 186.31                  | 0.037                 | 0.2                  |

| TENSIONI MASSIME AMMISSIBILI MATERIALI |  |  |  |
|--|--|--|--|
| $S_{c_{MAX}}$ cls                      | $S_{c_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) cls | $S_{f_{MIN}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio | $S_{f_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio |
| 0.06                                   | 1.65                                   | 1.86                                       | 33.75                                      |

## 12.2 Verifica soletta superiore

| SLV |     |     | P            | V2            | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|-----|-----|-----|--------------|---------------|--------------|-------|---------|------------|
|     |     |     | KN           | KN            | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3  | max | SLV | -3.31        | 1.14          | <b>5.63</b>  | 1     | 1.32    | sis2_nl    |
| M3  | min |     | -5.08        | -18.16        | <b>-6.27</b> | 1     | 0.00    | sis1_nl    |
| V2  | max |     | -3.31        | <b>13.46</b>  | -0.80        | 1     | 2.20    | sis2_nl    |
| V2  | min |     | -5.08        | <b>-18.16</b> | -6.27        | 1     | 0.00    | sis1_nl    |
| P   | max |     | <b>-3.31</b> | -17.33        | -5.06        | 1     | 0.00    | sis2_nl    |
| P   | min |     | <b>-5.08</b> | -18.16        | -6.27        | 1     | 0.00    | sis1_nl    |

| SLU |     |     | P            | V2            | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|-----|-----|-----|--------------|---------------|--------------|-------|---------|------------|
|     |     |     | KN           | KN            | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3  | max | SLU | -3.21        | 4.32          | <b>11.59</b> | 1     | 1.32    | slu2_nl    |
| M3  | min |     | -3.21        | -33.30        | <b>-7.54</b> | 1     | 0.00    | slu2_nl    |
| V2  | max |     | -3.21        | <b>29.39</b>  | -3.24        | 1     | 2.20    | slu2_nl    |
| V2  | min |     | -3.21        | <b>-33.30</b> | -7.54        | 1     | 0.00    | slu2_nl    |
| P   | max |     | <b>-0.19</b> | -18.05        | -6.44        | 1     | 0.00    | slu1_nl    |
| P   | min |     | <b>-3.63</b> | -29.45        | -7.06        | 1     | 0.00    | slu7_nl    |

| SLE - RARA |     |            | P            | V2            | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|------------|-----|------------|--------------|---------------|--------------|-------|---------|------------|
|            |     |            | KN           | KN            | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3         | max | SLE<br>RAR | -2.70        | 2.82          | <b>8.08</b>  | 1     | 1.32    | rar1_nl    |
| M3         | min |            | -2.70        | -23.58        | <b>-5.62</b> | 1     | 0.00    | rar1_nl    |
| V2         | max |            | -2.70        | <b>20.42</b>  | -2.14        | 1     | 2.20    | rar1_nl    |
| V2         | min |            | -2.70        | <b>-23.58</b> | -5.62        | 1     | 0.00    | rar1_nl    |
| P          | max |            | <b>-2.28</b> | -16.88        | -4.36        | 1     | 0.00    | rar4_nl    |
| P          | min |            | <b>-2.70</b> | -23.58        | -5.62        | 1     | 0.00    | rar1_nl    |

| SLE - FREQUENTE |     |            | P            | V2            | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|-----------------|-----|------------|--------------|---------------|--------------|-------|---------|------------|
|                 |     |            | KN           | KN            | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3              | max | SLE<br>FRE | -1.18        | 2.01          | <b>5.89</b>  | 1     | 1.32    | fre3_nl    |
| M3              | min |            | -2.55        | -16.98        | <b>-4.54</b> | 1     | 0.00    | fre1_nl    |
| V2              | max |            | -1.18        | <b>14.33</b>  | -1.30        | 1     | 2.20    | fre3_nl    |
| V2              | min |            | -2.55        | <b>-16.98</b> | -4.54        | 1     | 0.00    | fre1_nl    |
| P               | max |            | <b>-1.18</b> | -16.46        | -3.64        | 1     | 0.00    | fre3_nl    |
| P               | min |            | <b>-2.55</b> | -16.98        | -4.54        | 1     | 0.00    | fre1_nl    |

| SLE - Q.P. |     |            | P            | V2            | M3           | Frame | Station | OutputCase |
|------------|-----|------------|--------------|---------------|--------------|-------|---------|------------|
|            |     |            | KN           | KN            | KN-m         | Text  | m       | Text       |
| M3         | max | SLE<br>QPE | -2.55        | 1.50          | <b>5.67</b>  | 1     | 1.32    | qpe1_nl    |
| M3         | min |            | -4.55        | -17.94        | <b>-5.91</b> | 1     | 0.00    | qpe2_nl    |
| V2         | max |            | -2.55        | <b>13.82</b>  | -1.06        | 1     | 2.20    | qpe1_nl    |
| V2         | min |            | -4.55        | <b>-17.94</b> | -5.91        | 1     | 0.00    | qpe2_nl    |
| P          | max |            | <b>-2.55</b> | -16.98        | -4.54        | 1     | 0.00    | qpe1_nl    |
| P          | min |            | <b>-4.55</b> | -17.94        | -5.91        | 1     | 0.00    | qpe2_nl    |



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

|  |          |     |          |              |      |          |
|--|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI            | COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES | IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 52 di 66 |

### 12.2.1 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi  |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.   |
| Tipologia sezione:            | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione:          | Rettangolare   |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante  |
| Condizioni Ambientali:        | Poco aggressive  |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia  |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica   |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|   |   |                     |                     |
|---|---|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                                      | Classe:   | C30/37              |                     |
|   | Resistenza compress. di progetto fcd:             | 170.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Deform. unitaria max resistenza ec2:              | 0.0020              |                     |
|   | Deformazione unitaria ultima ecu:                 | 0.0035              |                     |
|   | Diagramma tensioni-deformaz.:                     | Parabola-Rettangolo |                     |
|   | Modulo Elastico Normale Ec:                       | 328360              | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Resis. media a trazione fctm:                     | 29.00               | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Coeff.Omogen. S.L.E.:                             | 15.00               |                     |
|   | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                      | 165.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                 | 165.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 0.200               | mm                  |
|   | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:              | 120.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:              | 0.200               | mm                  |
| ACCIAIO -   | Tipo:   | B450C               |                     |
|   | Resist. caratt. a snervamento fyk:                | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Resist. caratt. a rottura ftk:                    | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Resist. a snerv. di progetto fyd:                 | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Resist. ultima di progetto ftd:                   | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Deform. ultima di progetto Epu:                   | 0.068               |                     |
|   | Modulo Elastico Ef:                               | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|   | Diagramma tensioni-deformaz.:                     | Bilineare finito    |                     |
|   | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                |                     |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 0.50  |                     |                     |
| Comb.Rare - Sf Limite:                              | 3375.0  | daN/cm <sup>2</sup> |                     |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base:                          | 100.0 | cm                      |
| Altezza:                       | 30.0  | cm                      |
| Barre inferiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Barre superiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

|          |     |          |              |      |          |
|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 53 di 66 |

| N°Comb. | N   | Mx   | Vy | MT |
|---------|-----|------|----|----|
| 1       | 321 | 1159 | 0  | 0  |
| 2       | 321 | -754 | 0  | 0  |
| 3       | 321 | -324 | 0  | 0  |
| 4       | 321 | -754 | 0  | 0  |
| 5       | 19  | -644 | 0  | 0  |
| 6       | 363 | -706 | 0  | 0  |

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N   | Mx   |
|---------|-----|------|
| 1       | 270 | 808  |
| 2       | 270 | -562 |
| 3       | 270 | -214 |
| 4       | 270 | -562 |
| 5       | 228 | -436 |
| 6       | 270 | -562 |

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

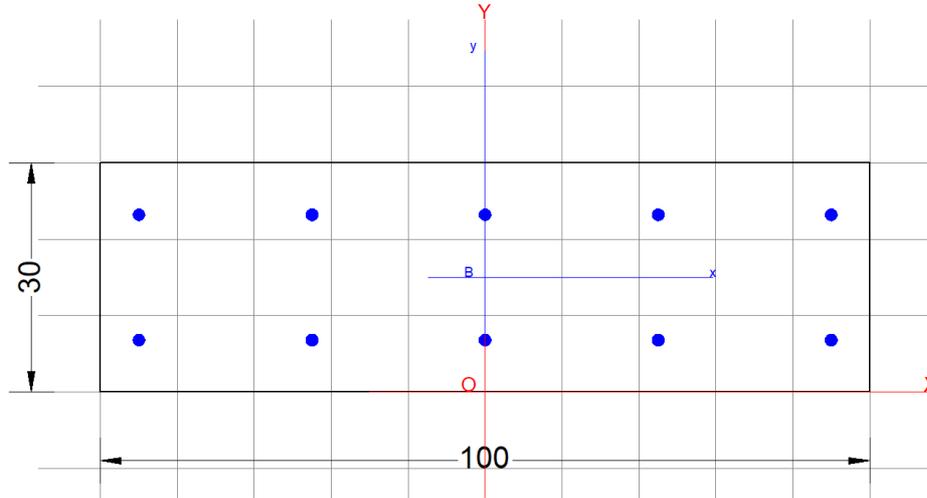
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N   | Mx           |
|---------|-----|--------------|
| 1       | 118 | 589 (4790)   |
| 2       | 255 | -454 (-4878) |
| 3       | 118 | -130 (-4965) |
| 4       | 255 | -454 (-4878) |
| 5       | 118 | -364 (-4819) |
| 6       | 255 | -454 (-4878) |

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N   | Mx           |
|---------|-----|--------------|
| 1       | 255 | 567 (4850)   |
| 2       | 455 | -591 (-4930) |
| 3       | 255 | -106 (-5383) |
| 4       | 455 | -591 (-4930) |
| 5       | 255 | -454 (-4878) |
| 6       | 455 | -591 (-4930) |



## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N   | Mx   | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa    |
|--------|-----|-----|------|------|-------|----------|------|------|--------|------------|
| 1      | S   | 321 | 1159 | 333  | 9683  | 8.355    | 25.1 | 0.21 | 0.70   | 20.1 (3.9) |
| 2      | S   | 321 | -754 | 333  | -9683 | 12.842   | 4.9  | 0.21 | 0.70   | 20.1 (3.9) |
| 3      | S   | 321 | -324 | 333  | -9683 | 29.886   | 4.9  | 0.21 | 0.70   | 20.1 (3.9) |
| 4      | S   | 321 | -754 | 333  | -9683 | 12.842   | 4.9  | 0.21 | 0.70   | 20.1 (3.9) |
| 5      | S   | 19  | -644 | 31   | -9655 | 14.992   | 4.9  | 0.21 | 0.70   | 20.1 (3.9) |
| 6      | S   | 363 | -706 | 376  | -9687 | 13.721   | 4.9  | 0.21 | 0.70   | 20.1 (3.9) |

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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)  
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 compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

|  |          |     |          |              |      |          |
|--|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI            | COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES | IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 55 di 66 |

|   |         |      |          |      |          |      |
|---|---------|------|----------|------|----------|------|
| 1 | 0.00350 | 30.0 | -0.00137 | 23.2 | -0.01312 | 6.8  |
| 2 | 0.00350 | 0.0  | -0.00137 | 6.8  | -0.01312 | 23.2 |
| 3 | 0.00350 | 0.0  | -0.00137 | 6.8  | -0.01312 | 23.2 |
| 4 | 0.00350 | 0.0  | -0.00137 | 6.8  | -0.01312 | 23.2 |
| 5 | 0.00350 | 0.0  | -0.00138 | 6.8  | -0.01315 | 23.2 |
| 6 | 0.00350 | 0.0  | -0.00137 | 6.8  | -0.01312 | 23.2 |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

|         |  |
|---------|--|
| Ver     | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| Sc max  | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]   |
| Yc max  | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  |
| Sc min  | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]  |
| Yc min  | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  |
| Sf min  | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]  |
| Ys min  | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre   |
| Ac eff. | Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)   |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci.<br>(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2) |

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 11.0   | 30.0   | 0.0    | 22.9   | -371   | 23.2   | 7.6     | 762     | 10.1    | 21.6    |
| 2      | S   | 7.8    | 0.0    | 0.0    | 7.4    | -254   | 6.8    | 7.6     | 759     | 10.1    | 21.6    |
| 3      | S   | 2.8    | 0.0    | 0.0    | 9.6    | -87    | 6.8    | 7.4     | 740     | 10.1    | 21.6    |
| 4      | S   | 7.8    | 0.0    | 0.0    | 7.4    | -254   | 6.8    | 7.6     | 759     | 10.1    | 21.6    |
| 5      | S   | 6.0    | 0.0    | 0.0    | 7.4    | -196   | 6.8    | 7.6     | 759     | 10.1    | 21.6    |
| 6      | S   | 7.8    | 0.0    | 0.0    | 7.4    | -254   | 6.8    | 7.6     | 759     | 10.1    | 21.6    |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|         |   |
|---------|---|
| Ver     | Esito verifica  |
| e1      | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata                                 |
| e2      | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata                               |
| K2      | = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC                    |
| Kt      | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2   |
| e sm    | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es    |
| srm     | Distanza massima in mm tra le fessure   |
| wk      | Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite. |
| M fess. | Momento di prima fessurazione [daNm]  |

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00026 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000111 (0.000111) | 410 | 0.046 (0.20) | 4822    |
| 2      | S   | -0.00018 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000076 (0.000076) | 409 | 0.031 (0.20) | -4858   |
| 3      | S   | -0.00006 | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000026 (0.000026) | 404 | 0.010 (0.20) | -5058   |
| 4      | S   | -0.00018 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000076 (0.000076) | 409 | 0.031 (0.20) | -4858   |
| 5      | S   | -0.00014 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000059 (0.000059) | 409 | 0.024 (0.20) | -4868   |
| 6      | S   | -0.00018 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000076 (0.000076) | 409 | 0.031 (0.20) | -4858   |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 8.0    | 30.0   | 0.0    | 22.9   | -275   | 23.2   | 7.6     | 764     | 10.1    | 21.6    |
| 2      | S   | 6.3    | 0.0    | 0.0    | 7.4    | -203   | 6.8    | 7.6     | 758     | 10.1    | 21.6    |
| 3      | S   | 1.8    | 0.0    | 0.0    | 9.3    | -55    | 6.8    | 7.5     | 747     | 10.1    | 21.6    |
| 4      | S   | 6.3    | 0.0    | 0.0    | 7.4    | -203   | 6.8    | 7.6     | 758     | 10.1    | 21.6    |



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
 PROGETTO DEFINITIVO

|  |          |     |          |              |      |          |
|--|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI            | COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES | IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 56 di 66 |

|   |   |     |     |     |     |      |     |     |     |      |      |
|---|---|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|------|
| 5 | S | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 9.0 | -165 | 6.8 | 7.6 | 758 | 10.1 | 21.6 |
| 6 | S | 6.3 | 0.0 | 0.0 | 7.4 | -203 | 6.8 | 7.6 | 758 | 10.1 | 21.6 |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00020 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000082 (0.000082) | 411 | 0.034 (0.20) | 4790    |
| 2      | S   | -0.00014 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000061 (0.000061) | 409 | 0.025 (0.20) | -4878   |
| 3      | S   | -0.00004 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000017 (0.000017) | 406 | 0.007 (0.20) | -4965   |
| 4      | S   | -0.00014 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000061 (0.000061) | 409 | 0.025 (0.20) | -4878   |
| 5      | S   | -0.00012 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000050 (0.000050) | 409 | 0.020 (0.20) | -4819   |
| 6      | S   | -0.00014 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000061 (0.000061) | 409 | 0.025 (0.20) | -4878   |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 7.7    | 30.0   | 0.0    | 22.8   | -257   | 23.2   | 7.6     | 760     | 10.1    | 21.6    |
| 2      | S   | 8.1    | 0.0    | 0.0    | 7.5    | -258   | 6.8    | 7.5     | 754     | 10.1    | 21.6    |
| 3      | S   | 1.3    | 0.0    | 0.0    | 10.4   | -37    | 6.8    | 7.2     | 715     | 10.1    | 21.6    |
| 4      | S   | 8.1    | 0.0    | 0.0    | 7.5    | -258   | 6.8    | 7.5     | 754     | 10.1    | 21.6    |
| 5      | S   | 6.3    | 0.0    | 0.0    | 7.4    | -203   | 6.8    | 7.6     | 758     | 10.1    | 21.6    |
| 6      | S   | 8.1    | 0.0    | 0.0    | 7.5    | -258   | 6.8    | 7.5     | 754     | 10.1    | 21.6    |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00018 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000077 (0.000077) | 410 | 0.032 (0.20) | 4850    |
| 2      | S   | -0.00018 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000077 (0.000077) | 408 | 0.032 (0.20) | -4930   |
| 3      | S   | -0.00003 | 0.00001 | 0.50 | 0.40 | 0.000011 (0.000011) | 397 | 0.004 (0.20) | -5383   |
| 4      | S   | -0.00018 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000077 (0.000077) | 408 | 0.032 (0.20) | -4930   |
| 5      | S   | -0.00014 | 0.00005 | 0.50 | 0.40 | 0.000061 (0.000061) | 409 | 0.025 (0.20) | -4878   |
| 6      | S   | -0.00018 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000077 (0.000077) | 408 | 0.032 (0.20) | -4930   |

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$  33.3 kN

$N_{Ed}$  0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$  37 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  30.71 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  17.40 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  300 mm

Copriferro

$c$  68 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  232 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  300000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  5

$\emptyset$  16 mm

$A_{sl}$  1004.8 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0043 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.0000 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$  1.93 ≤ 2 **ok**

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$  0.30

$V_{Rd}$  127.21 kN

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

### 12.2.2 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico                         |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.   |
| Tipologia sezione:            | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione:          | Rettagonolare  |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante  |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia  |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica   |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                       |                     |                     |
|----------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                               | C30/37              |                     |
|                | Resistenza compress. di progetto fcd: | 170.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Deform. unitaria max resistenza ec2:  | 0.0020              |                     |
|                | Deformazione unitaria ultima ecu:     | 0.0035              |                     |
|                | Diagramma tensioni-deformaz.:         | Parabola-Rettangolo |                     |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:           | 328360              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Resis. media a trazione fctm:         | 29.00               | daN/cm <sup>2</sup> |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                 | B450C               |                     |
|                | Resist. caratt. a snervamento fyk:    | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Resist. caratt. a rottura ftk:        | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Resist. a snerv. di progetto fyd:     | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Resist. ultima di progetto ftd:       | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Deform. ultima di progetto Epu:       | 0.068               |                     |
|                | Modulo Elastico Ef:                   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Diagramma tensioni-deformaz.:         | Bilineare finito    |                     |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base:                          | 100.0 | cm                      |
| Altezza:                       | 30.0  | cm                      |
| Barre inferiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Barre superiori:               | 5Ø16  | (10.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 6.8   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |

| N°Comb. | N   | Mx   | Vy | MT |
|---------|-----|------|----|----|
| 1       | 331 | 563  | 0  | 0  |
| 2       | 508 | -627 | 0  | 0  |
| 3       | 331 | -80  | 0  | 0  |
| 4       | 508 | -627 | 0  | 0  |
| 5       | 331 | -506 | 0  | 0  |
| 6       | 508 | -627 | 0  | 0  |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx re Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N   | Mx   | N re | Mx re | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa    |
|--------|-----|-----|------|------|-------|----------|------|------|--------|------------|
| 1      | S   | 331 | 563  | 334  | 8256  | 14.664   | 23.3 | 0.29 | 0.80   | 20.1 (3.9) |
| 2      | S   | 508 | -627 | 513  | -8276 | 13.199   | 6.8  | 0.29 | 0.80   | 20.1 (3.9) |
| 3      | S   | 331 | -80  | 334  | -8256 | 103.200  | 6.7  | 0.29 | 0.80   | 20.1 (3.9) |
| 4      | S   | 508 | -627 | 513  | -8276 | 13.199   | 6.8  | 0.29 | 0.80   | 20.1 (3.9) |
| 5      | S   | 331 | -506 | 334  | -8256 | 16.316   | 6.7  | 0.29 | 0.80   | 20.1 (3.9) |
| 6      | S   | 508 | -627 | 513  | -8276 | 13.199   | 6.8  | 0.29 | 0.80   | 20.1 (3.9) |

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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)  
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 compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | Yc max | es min   | Ys min | es max   | Ys max |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1      | 0.00080 | 30.0   | -0.00001 | 23.2   | -0.00196 | 6.8    |
| 2      | 0.00080 | 0.0    | 0.00000  | 6.8    | -0.00196 | 23.2   |
| 3      | 0.00080 | 0.0    | -0.00001 | 6.8    | -0.00196 | 23.2   |
| 4      | 0.00080 | 0.0    | 0.00000  | 6.8    | -0.00196 | 23.2   |
| 5      | 0.00080 | 0.0    | -0.00001 | 6.8    | -0.00196 | 23.2   |
| 6      | 0.00080 | 0.0    | 0.00000  | 6.8    | -0.00196 | 23.2   |

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$  18.16 kN

$N_{Ed}$  0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$  37 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  30.71 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  17.40 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  300 mm

Copriferro

$c$  68 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  232 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  300000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  5

$\emptyset$  16 mm

$A_{sl}$  1004.8 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0043 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.0000 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$  1.93 ≤ 2 **ok**

$$v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$  0.30

$V_{Rd}$  127.21 kN

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

### 12.2.3 Riepilogo verifiche

| VERIFICA A PRESSOFLESSIONE |                            |                |                           |                 |      |
|----------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------|-----------------|------|
| ARMATURA                   | SOLLECITAZIONI DI PROGETTO |                | SOLLECITAZIONI RESISTENTI |                 | FS   |
|                            | $N_{ED}$ (KN)              | $M_{ED}$ (KNm) | $N_{RES}$ (KN)            | $M_{RES}$ (KNm) |      |
| 5+5 $\Phi$ 16              | 3.21                       | 11.59          | 3.33                      | 96.83           | 8.35 |

| VERIFICA A TAGLIO |               |      |                   |
|-------------------|---------------|------|-------------------|
| $V_{ED}$ (KN)     | $V_{RD}$ (KN) | FS   | ARMATURA A TAGLIO |
| 33.3              | 127.21        | 3.02 | NO                |

| VERIFICA A FESSURAZIONE |                       |                      |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Mfess (KNm)             | Apertura fessure (mm) | Apertura limite (mm) |
| 49.76                   | 0.032                 | 0.2                  |

| TENSIONI MASSIME AMMISSIBILI MATERIALI |  |  |  |
|--|--|--|--|
| $S_{c_{MAX}}$ cls                      | $S_{c_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) cls | $S_{f_{MIN}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio | $S_{f_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio |
| 0.08                                   | 1.65                                   | 2.75                                       | 33.75                                      |

### 12.3 Verifiche geotecniche fondazione diretta dello scatolare

Le azioni agenti sulla soletta inferiore sono state determinate dal modello di calcolo SAP2000:

| SLV/SLU   |            | P             | V2           | M3            |
|-----------|------------|---------------|--------------|---------------|
|           |            | KN            | KN           | KN-m          |
| <b>M3</b> | <b>max</b> | 74.53         | 29.29        | <b>181.63</b> |
| <b>M3</b> | <b>min</b> | 74.53         | 8.92         | <b>-0.61</b>  |
| <b>V2</b> | <b>max</b> | 74.53         | <b>29.29</b> | 181.63        |
| <b>V2</b> | <b>min</b> | 74.53         | <b>8.92</b>  | -0.61         |
| <b>P</b>  | <b>max</b> | <b>121.74</b> | 22.50        | 67.68         |
| <b>P</b>  | <b>min</b> | <b>65.73</b>  | 25.50        | 160.34        |

#### Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = M_B/N$ )

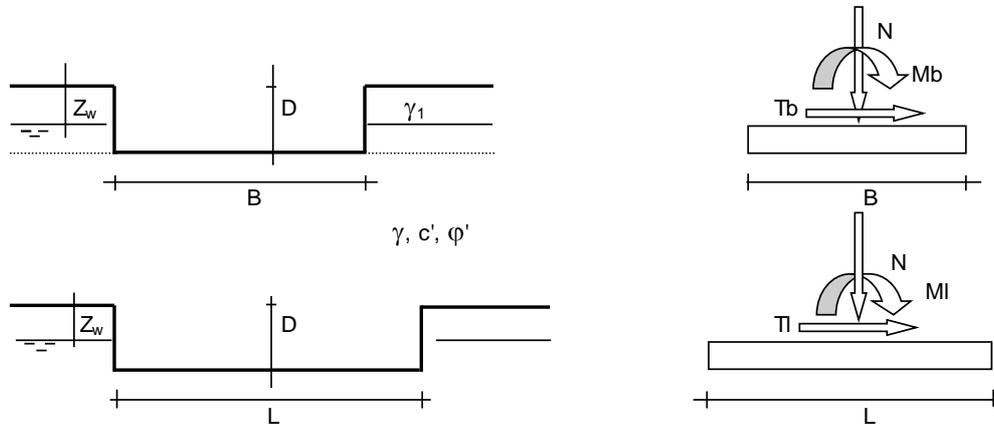
$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = M_L/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

| Metodo di calcolo        |          |   | coefficienti parziali |                      |                       |      | resistenze |       |
|--------------------------|----------|---|-----------------------|----------------------|-----------------------|------|------------|-------|
|                          |          |   | azioni                |                      | proprietà del terreno |      | $q_{lim}$  | scorr |
|                          |          |   | permanenti            | temporanee variabili | $\tan \varphi'$       | $c'$ |            |       |
| Stato Limite Ultimo      | A1+M1+R1 | ○ | 1.30                  | 1.50                 | 1.00                  | 1.00 | 1.00       | 1.00  |
|                          | A2+M2+R2 | ○ | 1.00                  | 1.30                 | 1.25                  | 1.25 | 1.80       | 1.00  |
|                          | SISMA    | ○ | 1.00                  | 1.00                 | 1.25                  | 1.25 | 1.80       | 1.00  |
|                          | A1+M1+R3 | ○ | 1.30                  | 1.50                 | 1.00                  | 1.00 | 2.30       | 1.10  |
|                          | SISMA    | ○ | 1.00                  | 1.00                 | 1.00                  | 1.00 | 2.30       | 1.10  |
| Tensioni Ammissibili     | ○        |   | 1.00                  | 1.00                 | 1.00                  | 1.00 | 3.00       | 3.00  |
| Definiti dal Progettista | ⊙        |   | 1.00                  | 1.00                 | 1.00                  | 1.00 | 2.30       | 1.10  |



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

|   |   |      |     |
|---|---|------|-----|
| B | = | 2.45 | (m) |
| L | = | 1.00 | (m) |
| D | = | 0.40 | (m) |

**AZIONI**

|          | valori di input |            | Valori di calcolo |
|----------|-----------------|------------|-------------------|
|          | permanenti      | temporanee |                   |
| N [kN]   | 121.74          |            | 121.74            |
| Mb [kNm] | 67.68           |            | 67.68             |
| MI [kNm] | 0.00            |            | 0.00              |
| Tb [kN]  | 22.50           |            | 22.50             |
| TI [kN]  | 0.00            |            | 0.00              |
| H [kN]   | 22.50           | 0.00       | 22.50             |

*Peso unità di volume del terreno*

|            |   |       |         |
|------------|---|-------|---------|
| $\gamma_1$ | = | 19.00 | (kN/mc) |
| $\gamma$   | = | 19.00 | (kN/mc) |

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

|            |   |       |         |
|------------|---|-------|---------|
| $c'$       | = | 20.00 | (kN/mq) |
| $\varphi'$ | = | 24.50 | (°)     |

*Valori di progetto*

|            |   |       |         |
|------------|---|-------|---------|
| $c'$       | = | 20.00 | (kN/mq) |
| $\varphi'$ | = | 24.50 | (°)     |

*Profondità della falda*

|       |   |      |     |
|-------|---|------|-----|
| $Z_w$ | = | 5.00 | (m) |
|-------|---|------|-----|

|       |   |      |     |
|-------|---|------|-----|
| $e_B$ | = | 0.56 | (m) |
| $e_L$ | = | 0.00 | (m) |

|       |   |      |     |
|-------|---|------|-----|
| $B^*$ | = | 1.34 | (m) |
| $L^*$ | = | 1.00 | (m) |

**q : sovraccarico alla profondità D**

|   |   |      |         |
|---|---|------|---------|
| q | = | 7.60 | (kN/mq) |
|---|---|------|---------|

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

|          |   |       |         |
|----------|---|-------|---------|
| $\gamma$ | = | 19.00 | (kN/mc) |
|----------|---|-------|---------|

**$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi)}$$

$$Nq = 10.12$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 20.01$$

$$Ny = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$Ny = 10.13$$

**sc, sq, sy : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.38$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.34$$

$$s_y = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_y = 0.70$$

**ib, iq, iy : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1.57$$

$$\theta = \arctg(Tb/Tl) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1.43$$

$$m = 1.57 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastroforme e  
m=(mb sin<sup>2</sup>θ + ml cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \varphi))^{m_1}$$

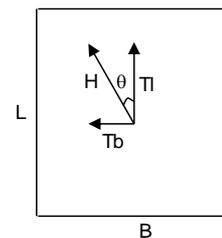
$$i_q = 0.81$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.79$$

$$i_y = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \varphi))^{(m+1)}$$

$$i_y = 0.71$$



**dc, dq, dy : fattori di profondità del piano di appoggio**

$$\text{per } D/B \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi)^2 / B$$

$$\text{per } D/B > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi)^2) \cdot \arctan (D / B)$$

$$d_q = 1.12$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (Nc \tan \varphi)$$

$$d_c = 1.14$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

**b<sub>c</sub>, b<sub>q</sub>, b<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi)$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**g<sub>c</sub>, g<sub>q</sub>, g<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi)$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 638.11 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 90.98 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 277.44 \geq q = 90.98 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 22.50 \quad (\text{kN})$$

**Azione Resistente**

$$S_d = N \tan(\varphi) + c' B^* L^*$$

$$S_d = 82.24 \quad (\text{kN})$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 74.76 \geq H_d = 22.50 \quad (\text{kN})$$



**NODO DI BARI**  
**BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**  
PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

| COMMESSA | REL | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-----|----------|--------------|------|----------|
| IADR     | 00  | D 29 CL  | GA 01 00 001 | A    | 66 di 66 |

### **13 RIEPILOGO INCIDENZE**

Piedritti: 100 kg/m<sup>2</sup>

Soletta superiore: 100 kg/m<sup>2</sup>

Soletta inferiore: 70 kg/m<sup>2</sup>