

## INDICE

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | INTRODUZIONE  | 3  |
| 1.1    | OGGETTO E SCOPO   | 3  |
| 1.2    | DESCRIZIONE DELL'OPERA                                  | 3  |
| 2      | RIFERIMENTI NORMATIVI                                   | 5  |
| 3      | MATERIALI   | 6  |
| 3.1    | CALCESTRUZZO PER PALI                                   | 6  |
| 3.2    | CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI                             | 6  |
| 3.3    | CALCESTRUZZO ELEVAZIONE                                 | 8  |
| 3.4    | ACCIAIO PER ARMATURE                                    | 8  |
| 3.5    | VERIFICA S.L.E.   | 9  |
| 3.5.1  | Verifiche alle tensioni                                 | 9  |
| 3.5.2  | Verifiche a fessurazione                                | 9  |
| 4      | ANALISI E VERIFICHE SPALLA                              | 10 |
| 4.1    | GENERALITÀ  | 10 |
| 4.2    | MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE          | 11 |
| 4.3    | CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO          | 11 |
| 4.4    | SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA               | 15 |
| 4.5    | GEOMETRIA DELLA SPALLA                                  | 16 |
| 4.6    | ANALISI DEI CARICHI                                     | 18 |
| 4.6.1  | Peso proprio elementi strutturali                       | 18 |
| 4.6.2  | Carichi trasmessi dall'impalcato                        | 18 |
| 4.6.3  | Azione del Vento  | 20 |
| 4.6.4  | Carichi da traffico verticali                           | 21 |
| 4.6.5  | Carichi da traffico orizzontali                         | 22 |
| 4.6.6  | Spinta statica del terrapieno                           | 23 |
| 4.6.7  | Sovraccarico sul terrapieno                             | 24 |
| 4.6.8  | Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche | 24 |
| 4.6.9  | Azione sismica  | 24 |
| 4.6.10 | Inerzie strutturali                                     | 27 |
| 4.6.11 | Calcolo delle sollecitazioni in testa pali              | 27 |

|        |                                      |    |
|--------|--------------------------------------|----|
| 4.6.12 | Riepilogo risultati                  | 28 |
| 4.7    | SOLLECITAZIONI                       | 33 |
| 4.7.1  | Muro paraghiaia                      | 33 |
| 4.7.2  | Muro frontale                        | 35 |
| 4.7.3  | Plinto di fondazione                 | 38 |
| 4.7.4  | Pali di fondazione                   | 40 |
| 4.8    | VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI | 41 |
| 4.8.1  | Paraghiaia                           | 42 |
| 4.8.2  | Muro frontale                        | 49 |
| 4.8.3  | Zattera di fondazione                | 57 |
| 4.8.4  | Palo di fondazione                   | 63 |

## **1 INTRODUZIONE**

### **1.1 OGGETTO E SCOPO**

La presente relazione ha per oggetto dell'intervento S.S.4 variante dell'abitato di Monterotondo scalo – 2° Stralcio.

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto **Pantanello**. In particolare si tratterà la spalla **1**.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### **1.2 DESCRIZIONE DELL'OPERA**

Il viadotto è composto dalla successione di 3 impalcati a campata multipla, due composti da 44,0+57,0+57,0+57,0+44,0m di luce, ed uno da 44,0+50,0+50,0+44,0m di luce; l'impalcato è costituito da un sistema misto acciaio-calcestruzzo composto da 3 travi in carpenteria metallica e soletta superiore in c.a. collaborante. L'impalcato è protetto tramite isolatori.

Le spalle saranno realizzate in c.a. gettato in opera e fondate su pali di grande diametro.

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

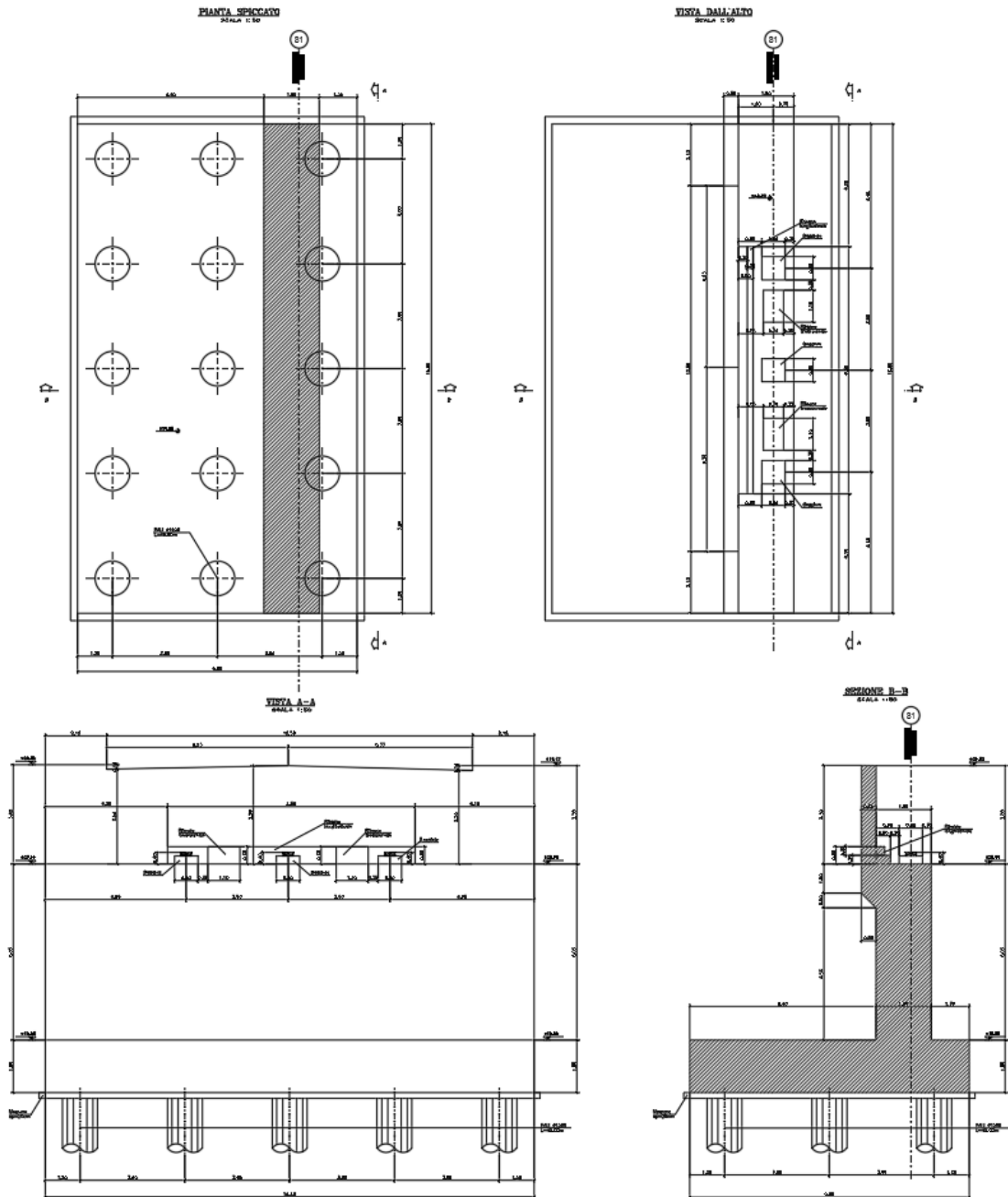


Figura 1.1. Sezione trasversale e pianta

## **2 RIFERIMENTI NORMATIVI**

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

#### 3.1 CALCESTRUZZO PER PALI

| Classe di resistenza:                                 | C25/30            |        |                    |
|---|-------------------|--------|--------------------|
| Resistenza a compressione cubica caratteristica       | $R_{ck} =$        | 30     | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a compressione cilindrica caratteristica   | $f_{ck} =$        | 24.9   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a compressione cilindrica media            | $f_{cm} =$        | 32.9   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a trazione semplice                        | $f_{ctm} =$       | 2.56   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a trazione per flessione                   | $f_{ctm} =$       | 3.07   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Modulo elastico secante medio                         | $E_{cm} =$        | 31447  | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)    | $f_{ctk} =$       | 1.79   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)   | $f_{ctk} =$       | 3.33   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Coefficiente di sicurezza SLU:                        | $\gamma_c =$      | 1.5    |                    |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:  | $f_{cd} =$        | 14.1   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU: | $f_{ctd} =$       | 1.19   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Coefficiente di sicurezza SLE:                        | $\gamma_c =$      | 1.0    |                    |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:  | $f_{cd} =$        | 24.9   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE: | $f_{ctd} =$       | 1.79   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Massime tensioni di compressione in esercizio:        |                   |        |                    |
| Combinazione rara                                     | $\sigma_{c,ad} =$ | 14.94  | N/mm <sup>2</sup>  |
| Combinazione quasi permanente                         | $\sigma_{c,ad} =$ | 11.21  | N/mm <sup>2</sup>  |
| Classe di esposizione                                 |                   | XC2    |                    |
| Classe di consistenza slump:                          |                   | S4     |                    |
| Contenuto minimo di cemento:                          |                   | 300    | daN/m <sup>3</sup> |
| Rapporto A/C  |                   | ≤ 0.60 |                    |
| Massima dimensione aggregato                          |                   | 30     | mm                 |
| Copriferro  |                   | 75     | mm                 |

#### 3.2 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI

| Classe di resistenza:                                 | <b>C25/30</b>     |             |                    |
|---|-------------------|-------------|--------------------|
| Resistenza a compressione cubica caratteristica       | $R_{ck} =$        | 30          | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a compressione cilindrica caratteristica   | $f_{ck} =$        | 24.9        | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a compressione cilindrica media            | $f_{cm} =$        | 32.9        | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a trazione semplice                        | $f_{ctm} =$       | 2.56        | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a trazione per flessione                   | $f_{ctm} =$       | 3.07        | N/mm <sup>2</sup>  |
| Modulo elastico secante medio                         | $E_{cm} =$        | 31447       | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)    | $f_{ctk} =$       | 1.79        | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)   | $f_{ctk} =$       | 3.33        | N/mm <sup>2</sup>  |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>                 | $\gamma_c =$      | 1.5         |                    |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:  | $f_{cd} =$        | 14.1        | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU: | $f_{ctd} =$       | 1.19        | N/mm <sup>2</sup>  |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>                 | $\gamma_c =$      | 1.0         |                    |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:  | $f_{cd} =$        | 24.9        | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE: | $f_{ctd} =$       | 1.79        | N/mm <sup>2</sup>  |
| Massime tensioni di compressione in esercizio:        |                   |             |                    |
| Combinazione rara                                     | $\sigma_{c,ad} =$ | 14.94       | N/mm <sup>2</sup>  |
| Combinazione quasi permanente                         | $\sigma_{c,ad} =$ | 11.21       | N/mm <sup>2</sup>  |
| Classe di esposizione                                 |                   | <b>XC2</b>  |                    |
| Classe di consistenza slump:                          |                   | <b>S4</b>   |                    |
| Contenuto minimo di cemento:                          |                   | 300         | daN/m <sup>3</sup> |
| Rapporto A/C  |                   | $\leq 0.60$ |                    |
| Massima dimensione aggregato                          |                   | 30          | mm                 |
| Copriferro  |                   | 40          | mm                 |

### 3.3 CALCESTRUZZO ELEVAZIONE

| Classe di resistenza:                                 | C32/40            |        |                    |
|---|-------------------|--------|--------------------|
| Resistenza a compressione cubica caratteristica       | $R_{ck} =$        | 40     | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a compressione cilindrica caratteristica   | $f_{ck} =$        | 33.2   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a compressione cilindrica media            | $f_{cm} =$        | 41.2   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a trazione semplice                        | $f_{ctm} =$       | 3.10   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a trazione per flessione                   | $f_{ctm} =$       | 3.72   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Modulo elastico secante medio                         | $E_{cm} =$        | 33643  | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)    | $f_{ctk} =$       | 2.17   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)   | $f_{ctk} =$       | 4.03   | N/mm <sup>2</sup>  |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>                 | $\gamma_c =$      | 1.5    |                    |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:  | $f_{cd} =$        | 18.8   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU: | $f_{ctd} =$       | 1.45   | N/mm <sup>2</sup>  |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>                 | $\gamma_c =$      | 1.0    |                    |
| Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:  | $f_{cd} =$        | 33.2   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE: | $f_{ctd} =$       | 2.17   | N/mm <sup>2</sup>  |
| Massime tensioni di compressione in esercizio:        |                   |        |                    |
| Combinazione rara                                     | $\sigma_{c,ad} =$ | 19.92  | N/mm <sup>2</sup>  |
| Combinazione quasi permanente                         | $\sigma_{c,ad} =$ | 14.94  | N/mm <sup>2</sup>  |
| Classe di esposizione                                 |                   | XC4    |                    |
| Classe di consistenza slump:                          |                   | S4     |                    |
| Contenuto minimo di cemento:                          |                   | 340    | daN/m <sup>3</sup> |
| Rapporto A/C  |                   | ≤ 0.60 |                    |
| Massima dimensione aggregato                          |                   | 25     | mm                 |
| Copriferro  |                   | 55     | mm                 |

### 3.4 ACCIAIO PER ARMATURE

#### *Acciaio per cemento armato*

Acciaio per cemento armato tipo B450C secondo D.M. 17.01.2018, avente le seguenti caratteristiche:

|  |                   |         |                   |
|--|-------------------|---------|-------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} \geq$     | 450     | N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione caratteristica di rottura     | $f_{tk} \geq$     | 540     | N/mm <sup>2</sup> |
| Modulo elastico                        | $E_s =$           | 2.1E+06 | N/mm <sup>2</sup> |
| <i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>  | $\gamma_s =$      | 1.15    |                   |
| Resistenza di calcolo SLU:             | $f_{sd} =$        | 391.30  | N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione di calcolo SLE:               | $\sigma_{y,ad} =$ | 360     | N/mm <sup>2</sup> |



### 3.5 VERIFICA S.L.E.

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato

#### 3.5.1 Verifiche alle tensioni

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

##### 4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_{c,max}$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

##### 4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima,  $\sigma_{s,max}$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$

#### 3.5.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

| Gruppi di esigenza | Condizioni ambientali | Combinazione di azione | Armatura           |            |                |            |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|----------------|------------|
|                    |                       |                        | Sensibile          |            | Poco sensibile |            |
|                    |                       |                        | Stato limite       | wd         | Stato limite   | wd         |
| a                  | Ordinarie             | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_2$ | ap. fessure    | $\leq w_3$ |
|                    |                       | quasi permanente       | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
| b                  | Aggressive            | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
| c                  | Molto Aggressive      | frequente              | formazione fessure | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

Risultando:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Si adotterà pertanto:

- Condizioni ambientali ordinarie per gli elementi di fondazione
- Condizioni ambientali aggressive per gli elementi in elevazione

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/19.

## **4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA**

### **4.1 GENERALITÀ**

La spalla presentano una configurazione a paramento di spessore 1.90 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 0.00 m. L'altezza della spalla (escluso paraghiaia) è pari a 6.05 m.

---

**MANDATARIA**

 **Sintagma**

**MANDANTE**

 **GEOTECHNICAL  
DESIGN GROUP**



**ICARIA**  
società di ingegneri

**10 di 68**

La spalla ha in testa un paraghiaia di spessore 0.5 m ed altezza di circa 3.50 m dalla testa muro frontale.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.20 m collegate in testa da una platea di spessore 1.80 m.

Per le verifiche dei singoli elementi della spalla (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo spiccato della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

#### **4.2 MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE**

Le sollecitazioni di verifica della spalla sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio alle quali vanno combinate le azioni determinate dalle spinte del terreno di riempimento e del sovraccarico in condizioni sia statiche che sismiche e le azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Tutti i muri sono considerati sconnessi fra loro per la valutazione delle sollecitazioni alla base e quindi le azioni provenienti dall'impalcato sono applicate solamente al muro frontale. Tale schema pur risultando cautelativo, non fornisce sovrastime eccessive nel calcolo dei quantitativi di armatura previsti.

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali muro paraghiaia e muro frontale che vengono tutti modellati come delle mensole incastrate alla base.

Per il plinto di fondazione, si è utilizzato un modello tirante-puntone per l'analisi e la verifica dello zoccolo anteriore al muro frontale.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni sui pali di fondazione a partire dalle azioni risultanti nel baricentro del plinto alla quota di intradosso, sono stati calcolati, per ciascuna combinazione di carico, gli sforzi assiali e di taglio in testa ai pali di fondazione utilizzando il classico modello a piastra rigida.

#### **4.3 CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO**

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adottati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Per le verifiche geotecniche si è fatto riferimento alla combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2.

Tab. 5.1.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

|  |                           | Coefficiente                                  | EQU <sup>3)</sup>           | A1                          | A2           |
|--|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|--------------|
| Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$                        | favorevoli<br>sfavorevoli | $\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$                 | 0,90<br>1,10                | 1,00<br>1,35                | 1,00<br>1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$ | favorevoli<br>sfavorevoli | $\gamma_{G2}$                                 | 0,00<br>1,50                | 0,00<br>1,50                | 0,00<br>1,30 |
| Azioni variabili da traffico                           | favorevoli<br>sfavorevoli | $\gamma_Q$                                    | 0,00<br>1,35                | 0,00<br>1,35                | 0,00<br>1,15 |
| Azioni variabili                                       | favorevoli<br>sfavorevoli | $\gamma_{Qi}$                                 | 0,00<br>1,50                | 0,00<br>1,50                | 0,00<br>1,30 |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto            | favorevoli<br>sfavorevoli | $\gamma_{e1}$                                 | 0,90<br>1,00 <sup>(3)</sup> | 1,00<br>1,00 <sup>(4)</sup> | 1,00<br>1,00 |
| Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari                | favorevoli<br>sfavorevoli | $\gamma_{e2}$ , $\gamma_{e3}$ , $\gamma_{e4}$ | 0,00<br>1,20                | 0,00<br>1,20                | 0,00<br>1,00 |

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

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

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

| Verifica      | Coefficiente parziale (R3) |
|---------------|----------------------------|
| Carico limite | $\gamma_R = 2,3$           |
| Scorrimento   | $\gamma_R = 1,1$           |

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e, quindi, alle verifiche strutturali.



- asse X coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

#### **4.4 SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA**

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
  - Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
  - Asse Z verticale
- 
- Lunghezze = m
  - Forze = kN

**4.5 GEOMETRIA DELLA SPALLA**

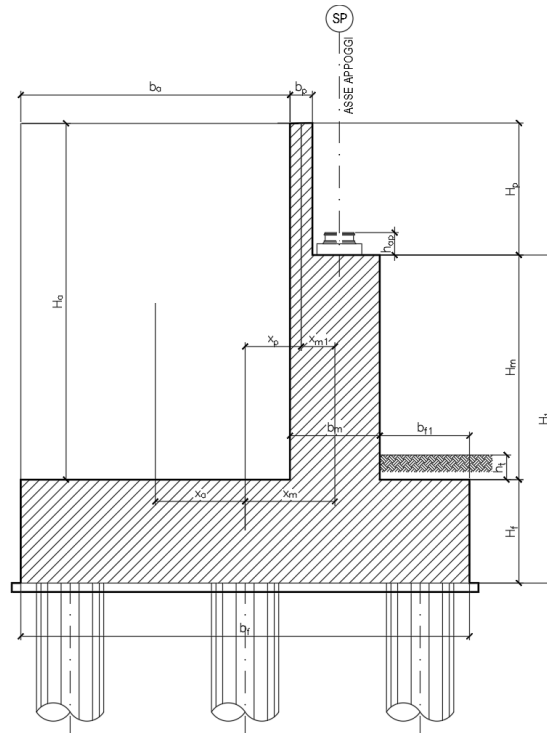


Figura 4.1. Significato dei simboli: sezione tipologica

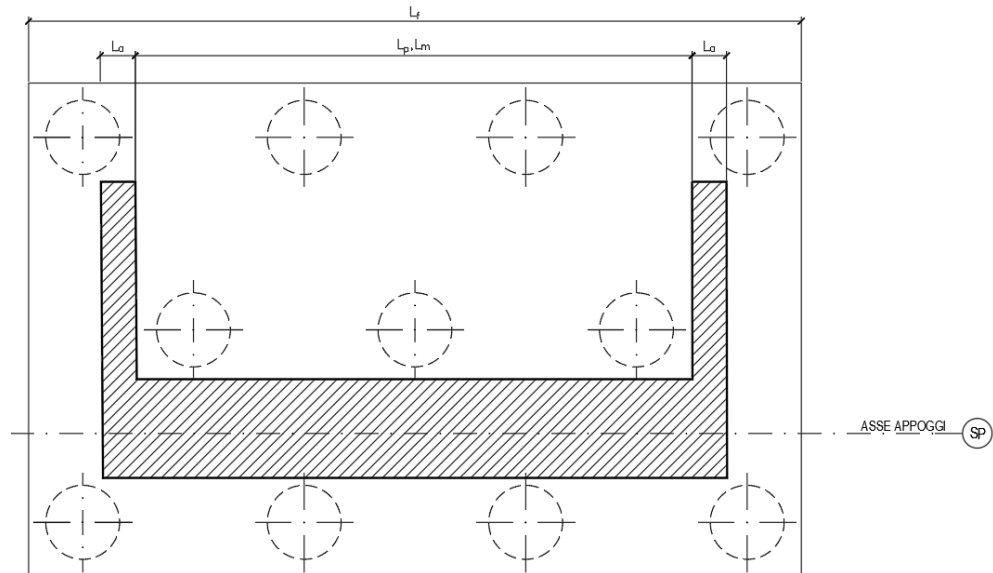


Figura 4.2. Significato dei simboli: pianta tipologica



Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

| Generali  |                |       |                   |
|---|----------------|-------|-------------------|
| Peso cls  | $\gamma_{cls}$ | 25    | kN/m <sup>3</sup> |
| Peso terreno                                      | $\gamma_t$     | 18    | kN/m <sup>3</sup> |
| Sovraccarico accidentale sul rilevato             | $q_{acc}$      | 20.0  | kN/m <sup>2</sup> |
| Altezza appoggio + baggiolo                       | $h_{ap}$       | 0.40  | m                 |
| Distanza piano appoggi-intradosso plinto          | $H_1$          | 8.25  | m                 |
| Paraghiaia  |                |       |                   |
| Altezza   | $H_p$          | 3.50  | m                 |
| Lunghezza lungo asse X                            | $b_p$          | 0.5   | m                 |
| Lunghezza lungo asse Y                            | $L_p$          | 16.80 | m                 |
| Distanza tra i muri andatori dir. Y               |                | 16.80 | m                 |
| Coordinata X del baricentro rispetto fondazione   | $x_p$          | 1.35  | m                 |
| Muro frontale                                     |                |       |                   |
| Altezza   | $H_m$          | 6.05  | m                 |
| Lunghezza lungo asse X                            | $b_m$          | 1.90  | m                 |
| Lunghezza lungo asse Y                            | $L_m$          | 16.80 | m                 |
| Coordinata X del baricentro rispetto fondazione   | $x_m$          | 2.55  | m                 |
| Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia   | $x_{m1}$       | -1.20 | m                 |
| Distanza asse baggioli- asse muro frontale        |                | 0.25  | m                 |
| Plinto  |                |       |                   |
| Altezza   | $H_f$          | 1.80  | m                 |
| Lunghezza lungo asse X                            | $b_f$          | 9.60  | m                 |
| Lunghezza lungo asse Y                            | $L_f$          | 16.80 | m                 |
| Mensola anteriore plinto                          | $b_{f1}$       | 1.30  | m                 |
| Spessore ricoprimento medio                       | $h_t$          | 0.80  | m                 |
| Distanza asse baggioli - baricentro plinto        |                | 2.80  | m                 |
| Muro andatore                                     |                |       |                   |
| Altezza   | $H_a$          | 9.55  | m                 |
| Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y         | $L_a$          | 0.00  | m                 |
| Lunghezza di un singolo muro lungo asse X         | $b_a$          | 6.40  | m                 |
| Coordinata X del baricentro rispetto fondazione   | $x_a$          | -1.60 | m                 |
| Terreno   |                |       |                   |
| Angolo d'attrito interno ( $\phi$ )               |                | 35    | °                 |
| Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo |                | ▼     | Ko = 0.426        |
| Sisma   |                |       |                   |
| $S_s$   |                | 1.479 |                   |
| $a_g$   |                | 0.143 |                   |
| Coefficiente riduttivo                            |                | 1.00  |                   |
| Coefficiente sismico orizzontale                  | $k_h$          | 0.211 |                   |
| Mononobe e Okabe                                  | $K_{AE}$       | 0.430 |                   |
| Coefficiente per sisma verticale                  | $k_v$          | 0.106 |                   |

Tabella 4.1 – Dati di input.

#### 4.6 ANALISI DEI CARICHI

##### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

- Peso proprio strutture

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

| Impalcato  |    |               |      |
|--|----|---------------|------|
| N° Corsie convenzionali                            |    | <b>3</b>      |      |
| Lunghezza  | L  | <b>44</b>     | m    |
| Peso Proprio                                       | G1 | <b>165</b>    | kN/m |
| Permanenti portati                                 | G2 | <b>50</b>     | kN/m |
|  |    |               |      |
| n° totale appoggi sulla spalla                     | n  | <b>3</b>      |      |
| Reazione appoggio $i = (G1 * L / 2) / n$           | Ri | <b>1210.0</b> | kN   |
| Reazione appoggio $i = (G2 * L / 2) / n$           | Ri | <b>366.7</b>  | kN   |
| Reazione appoggio $i = (G2 * L / 2) / n$ (ballast) | Ri | <b>0</b>      | kN   |

##### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

I carichi del traffico vengono dedotti dal modello FEM dell'impalcato. Sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente. Si considera per gli appoggi un attrito pari al 3%.

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

| Appoggio                  | A    |      |      | B    |      |      | C    |      |      | biz  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                           | FZ   | FX   | FY   | FZ   | FX   | FY   | FZ   | FX   | FY   |      |
| Descrizione carico        | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [m]  |
| Peso proprio G1           | 1210 |      |      | 1210 |      |      | 1210 |      |      | 0.00 |
| Permanenti G2             | 367  |      |      | 367  |      |      | 367  |      |      | 0.00 |
|                           |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.00 |
| Comb. Nmax Q1             | 800  |      |      | 1025 |      |      | 451  |      |      | 0.00 |
| Comb. Nmax Q3 frenatura   |      | 300  |      |      | 300  |      |      | 300  |      | 3.00 |
| Comb. Nmax Q4 centrifuga  |      |      |      |      |      | 137  |      |      |      | 3.00 |
| Comb. Nmax Q folla        |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.00 |
| Comb. MTmax Q1            | 1206 |      |      | 668  |      |      | -13  |      |      | 0.00 |
| Comb. MTmax Q3 frenatura  |      | 300  |      |      | 300  |      |      | 300  |      | 3.00 |
| Comb. MTmax Q4 centrifuga |      |      |      |      |      | 137  |      |      |      | 3.00 |
| Comb. MTmax Q folla       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.00 |
| Comb. MLmax Q1            |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.00 |
| Comb. MLmax Q3 frenatura  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3.00 |
| Comb. MLmax Q4 centrifuga |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3.00 |
| Comb. MLmax Q folla       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.00 |
| Vento Ponte Scarico       |      |      |      |      |      | 202  |      |      |      | 3.00 |
| Vento Ponte Carico        |      |      |      |      |      | 297  |      |      |      | 3.00 |
| Attrito permanente        |      | 47   | 47   |      | 47   | 47   |      | 47   | 47   | 0.00 |
| Attrito carichi mobili    |      | 36   | 36   |      | 31   | 31   |      | 14   | 14   | 0.00 |
| Sisma longitudinale       |      | 200  |      |      | 200  |      |      | 200  |      | 0.00 |
| Sisma trasversale         |      |      | 150  |      |      | 150  |      |      | 150  | 0.00 |
| Sisma verticale           | 250  |      |      | 250  |      |      | 250  |      |      | 0.00 |

#### 4.6.3 Azione del Vento

##### Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005

| Condizione (ponte carico o scarico) |   | scarico | carico |       |
|-------------------------------------|---|---------|--------|-------|
| Altitudine sul livello del mare     | as                                      | 180     | 180    | m     |
| Zona                                | Z                                       | 3       | 3      |       |
| Parametri                           | Vb,0                                    | 27      | 27     | m/s   |
| Parametri                           | ao                                      | 500     | 500    | m     |
| Parametri                           | ks                                      | 0.37    | 0.37   | 1/s   |
| Velocità di riferimento (Tr=50anni) | $v_b = v_{b0} * (1 + k_s(a_s/a_o - 1))$ | 27      | 27     | m/s   |
| Periodo di ritorno considerato      | TR                                      | 100     | 100    | anni  |
|                                     | $\alpha_R$                              | 1.04    | 1.04   |       |
| Velocità di riferimento             | Vb(TR)                                  | 28.06   | 28.06  | m/s   |
| Densità dell'aria                   | $\rho$                                  | 1.25    | 1.25   | kg/mc |
| Pressione cinetica di riferimento   | $q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$              | 0.49    | 0.49   | kN/mq |
| Classe di rugosità del terreno      | D                                       | D       | D      |       |
| Distanza dalla costa                |   | >10     | >10    | km    |
| Altitudine sul livello del mare     |   | <750    | <750   | m     |
| Categoria di esposizione del sito   | Cat                                     | II      | II     |       |

##### Vento su impalcato

|  |        |      |      |   |
|--|--------|------|------|---|
| Parametri  | kr     | 0.19 | 0.19 |   |
| Parametri  | z0     | 0.05 | 0.05 | m |
| Parametri  | zmin   | 4    | 4    | m |
| Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6)) | z      | 10   | 10   | m |
| Coefficiente di topografia                                 | ct     | 1    | 1    |   |
| Coefficiente di esposizione (z)                            | ce(z)  | 2.35 | 2.35 |   |
| Larghezza impalcato  | b      | 11.1 | 11.1 | m |
| Altezza impalcato  | h1     | 3    | 3    | m |
| Altezza veicoli o parapetto                                | h2     | 1.5  | 3    | m |
| Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)  | dtot   | 4.5  | 6    | m |
| Rapporto di forma  | b/dtot | 2.47 | 1.85 |   |
| Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)                      | cfx    | 1.76 | 1.95 |   |

##### Riepilogo

|  |            |      |      |       |
|--|------------|------|------|-------|
| Pressione cinetica di riferimento                  | qb         | 0.49 | 0.49 | kN/mq |
| Coefficiente di esposizione                        | ce         | 2.35 | 2.35 |       |
| Coefficiente di forza                              | cfx        | 1.76 | 1.95 |       |
| Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))  | d          | 4.5  | 6    | m     |
| Forza statica equivalente a m/1                    | f=prodotto | 9.2  | 13.5 | kN/m  |
| Pressione statica equivalente                      | p=f/d      | 2.04 | 2.25 | kN/mq |
| Pressione statica equivalente (minima considerata) | pmin       | 1.5  | 1.5  | kN/mq |
| Forza statica equivalente a m/1 considerata        | f          | 9.2  | 13.5 | kN/m  |

##### Vento impalcato a ponte scarico

|                                    |          |     |  |      |
|------------------------------------|----------|-----|--|------|
| Forza statica equivalente          | f        | 9.2 |  | kN/m |
| Luce impalcato                     | L        | 44  |  | m    |
| Forza trasversale al piano appoggi | FT=f*L/2 | 202 |  | kN/m |

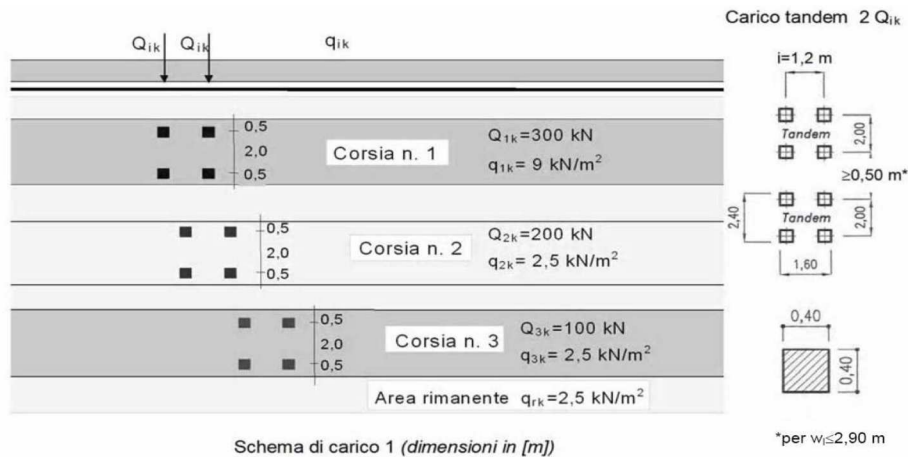
##### Vento impalcato a ponte carico

|                                    |          |      |  |      |
|------------------------------------|----------|------|--|------|
| Forza statica equivalente          | f        | 13.5 |  | kN/m |
| Luce impalcato                     | L        | 44   |  | m    |
| Forza trasversale al piano appoggi | FT=f*L/2 | 297  |  | kN/m |

#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico veicolare.

Le azioni variabili del traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti. Tale schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.



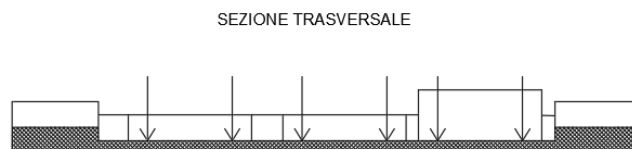
Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

| Posizione       | Carico asse $Q_{ik}$ [kN] | $q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|
| Corsia Numero 1 | 300                       | 9                             |
| Corsia Numero 2 | 200                       | 2,5                           |
| Corsia Numero 3 | 100                       | 2,5                           |
| Altre corsie    | 0,00                      | 2,50                          |

Sui marciapiedi si applica lo Schema di Carico 5 (folla) con valore  $q = 5 \text{ kN/mq}$ .

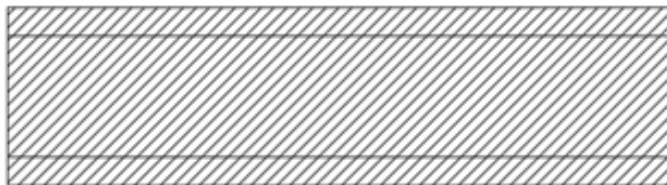
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- $N_{max}$ , massimo sforzo normale per la spalla: il carico è presente sull'impalcato con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:



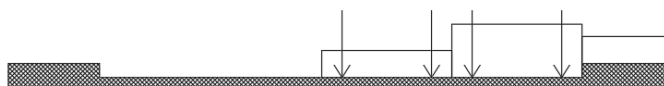
Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

PIANTA

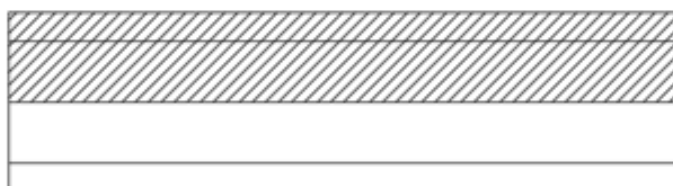


- Mt max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE



PIANTA



#### 4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

La forza di frenamento o di accelerazione  $q_3$  è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale a

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10 q_{1k} \quad W1 \quad L \leq 900 \text{ kN}$$

L'azione di frenatura viene dedotta dalle reazioni dell'impalcato.

L'azione centrifuga è stata valutata secondo la tabella seguente. Essa è applicata alla quota della pavimentazione.

| Raggio di curvatura [m] | $Q_4$ [kN]         |
|-------------------------|--------------------|
| $R < 200$               | $0,2 \cdot Q_v$    |
| $200 \leq R \leq 1500$  | $40 \cdot Q_v / R$ |
| $1500 \leq R$           | 0                  |

| Centrifuga          |      |    |
|---------------------|------|----|
| Raggio planimetrico | 350  | m  |
| n° corsie           | 3    |    |
| Qv                  | 1200 | kN |
| q4                  | 137  | kN |

#### 4.6.6 Spinta statica del terrapieno

A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico  $\gamma$ , su una parete di altezza H, risulta:

$$S_0 = 1/2 * \gamma * H^2 * K_0 \quad (\text{spinta per metro lineare di spalla})$$

l'utilizzo di  $K_0$  è determinato dall'impossibilità, da parte della spalla, di subire spostamenti; si assume  $K_0 = 1 - \text{sen } \varphi'$

Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3 H$  rispetto alla base della parete).

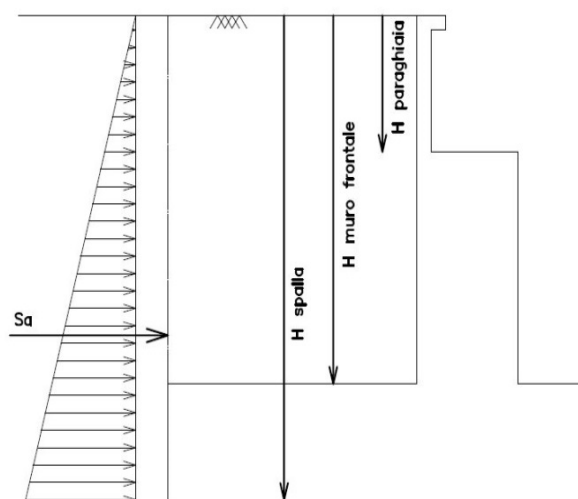


Figura 4.3. Spinta statica terreno di rinterro

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati stradali e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 35^\circ$$

$$c' = 0$$

#### 4.6.7 Sovraccarico sul terrapieno

Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

$$q = 20 \text{ kN/m}^2$$

$$S_q = 20 * 0.426 = 8.53 \text{ kN/m}^2$$

#### 4.6.8 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a  $Q = 20 \text{ kN/m}^2$  gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa.

La presenza del sovraccarico  $Q$  genera una spinta pari a:

$$S_q = q * H * K_o$$

Tale spinta è applicata ad una altezza pari a  $H/2$ .

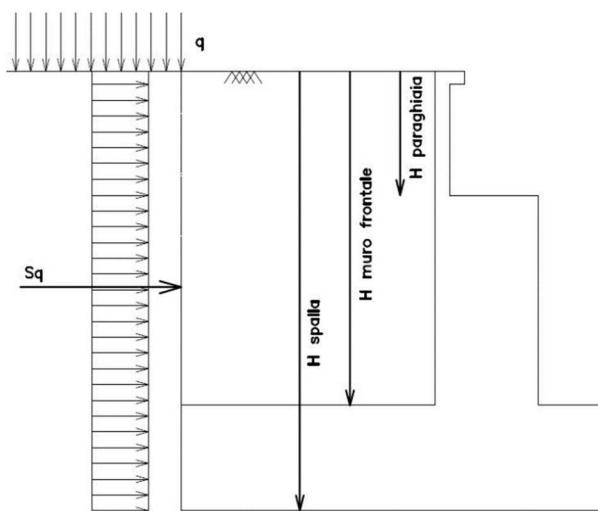


Figura 4.4. Spinta statica sovraccarico accidentale

#### 4.6.9 Azione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

- Azioni sismiche sulla Spalla

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k_h$  (coefficiente sismico orizzontale) o  $k_v$  (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:



Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v W$

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente  $\beta_m$  assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso delle spalle del viadotto in questione che in virtù della elevata rigidezza sia del sistema di fondazione che della parte in elevazione, è interessata da spostamenti trascurabili durante l'evento sismico) un valore del coefficiente  $\beta_m$  pari ad 1.0.

Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di riempimento è rigidamente connesso alla spalla e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

- Sovrappinta sismica del terreno

Per la valutazione del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche si farà riferimento alla formulazione di Mononobe-Okabe, secondo le indicazioni contenute nell'EC8 – Parte 5 – Annesso E (E.9 “Force due to earth pressure for rigid structures”):

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \vartheta)}{\cos(\delta + \alpha + \vartheta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2} \quad \text{se } \beta \leq \phi - \theta$$

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta)} \quad \text{se } \beta > \phi - \theta$$

Tale risultante è applicata ad un'altezza pari ad H/3.

Nella determinazione dei coefficienti sismici  $k_h$  e  $k_v$ , per le spalle di ponti e viadotti fondate su pali si porrà  $\beta_m = 1$  in accordo con l'EC8-5.

| Mononobe e Okabe                 |          |              |   |
|----------------------------------|----------|--------------|---|
| Inclinazione Paramento           | $\alpha$ | <b>90.0</b>  |   |
| Angolo d'attrito interno         | $\phi$   | <b>35.0</b>  | ° |
| Coefficiente sismico orizzontale | $k_h$    | <b>0.211</b> |   |
| Coefficiente per sisma verticale | $k_v$    | <b>0.106</b> |   |
| $\theta (+k_v)$                  |          | <b>10.8</b>  |   |
| $\theta (-k_v)$                  |          | <b>13.3</b>  |   |
| Mononobe e Okabe (+ $k_v$ )      | $K_{AE}$ | <b>0.389</b> |   |
| Mononobe e Okabe (- $k_v$ )      | $K_{AE}$ | <b>0.424</b> |   |

Le forze di inerzia agenti sulla massa della struttura e del terreno presente sulla sua fondazione saranno valutate applicando l'accelerazione massima al suolo  $a_g$ .

La spinta totale di progetto  $E_d$  esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è dunque data dalla somma della spinta statica e della spinta sismica:

$$E_d = S_{stat} + \Delta S_s$$

Infine, nel caso specifico non essendo presente la falda a tergo dell'opera, la spinta idrostatica è nulla.

- Valori di progetto

Sulla base delle indicazioni delle NTC2018 si assumono i seguenti valori per determinare l'azione sismica di riferimento nel comune di Monterotondo interessato dall'opera:

- vita nominale:  $V_N = 50$  anni (costruzioni con livelli di prestazione ordinari)
- coefficiente d'uso:  $C_U = 2$
- periodo di riferimento:  $V_R = V_N \times C_U = 100$  anni:
- stato limite ultimo di salvaguardia della vita,  $SLV$
- probabilità di superamento associata allo stato limite  $SLV$ :  $PVR = 10\%$  periodo di ritorno:  $TR = -VR / \ln(1 - PVR) = 949$  anni

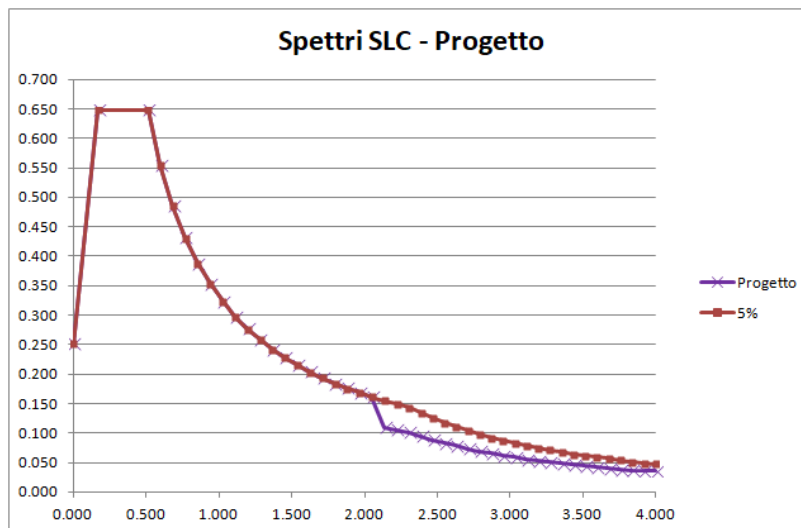
- categoria di sottosuolo: C
- categoria topografica: T1

I parametri sismici principali sono riassunti nella seguente Tabella 4-2 (le accelerazioni di riferimento sono riportate all'allegato 2 del DM2008 cui il DM2018 rimanda).

Tabella 4-2 – Valori dei parametri per la definizione del sisma di progetto

| SLATO LIMITE | $T_R$ [anni] | $a_g$ [g] | $F_o$ [-] | $T_C^*$ [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| SLO          | 60           | 0.057     | 2.562     | 0.277       |
| SLD          | 101          | 0.068     | 2.575     | 0.290       |
| SLV          | 949          | 0.143     | 2.572     | 0.332       |
| SLC          | 1950         | 0.177     | 2.567     | 0.341       |

L'impalcato è protetto tramite isolatori in gomma armata.



#### 4.6.10 Inerzie strutturali

Si valutano le inerzie legate alla massa degli elementi strutturali con la seguente formula:

$$F_i = k_h \cdot W_{str}$$

#### 4.6.11 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Le sollecitazioni agenti in testa palo vengono calcolate nell'ipotesi di platea di fondazione infinitamente rigida, attraverso la relazione

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_l}{J_l} \cdot y + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove

N, Ml, Mt sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata, n è il numero di pali e  $J_l$ ,  $J_t$  sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando

$$T(x, y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove  $H_l$ ,  $H_t$  sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.

#### **4.6.12 Riepilogo risultati**

Il foglio automatico, sulla base di calcoli sviluppati nei fogli successivi, restituisce, per ciascuna combinazione i risultati del controllo di verifica.

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

- Le sollecitazioni al livello del piano di fondazione in termini di sforzo normale N, forza orizzontale T e momento ribaltante M.
- Per i carichi sui pali in termini di Nmax, Nmin, T ed M.

Fase statica

**PARAGHIAIA**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

| Descrizione carico       |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                          |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia               | g1 | 735            |                |                | 0.00            | 0.00            | 1.75            | 0              | 0              |
| Rinterro                 | g3 |                | 790            |                | 0.00            | 0.00            | 1.17            | 0              | 921            |
| Frenatura sul paraghiaia |    | 300            | 180            |                | 0.00            | 0.00            | 3.50            | 0              | 630            |
| Sovr. acc. sul rilevato  |    |                | 501            |                | 0.00            | 0.00            | 1.75            | 0              | 878            |

**SPICCATO MURO FRONTALE**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

| Descrizione carico       |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                          |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia               | g1 | 735            | 0              | 0              | -1.20           |                 | 7.80            | 0              | -882           |
| Muro frontale            | g1 | 4828           | 0              | 0              |                 |                 | 3.03            | 0              | 0              |
| <b>Totale Permanenti</b> |    | <b>5563</b>    | <b>0</b>       | <b>0</b>       |                 |                 |                 | <b>0</b>       | <b>-882</b>    |
| Rinterro                 | g3 |                | 5880           | 0              |                 |                 | 3.18            | 0              | 18719          |
| Sovr. acc. sul rilevato  |    |                | 1368           | 0              |                 |                 | 4.78            | 0              | 6534           |

**FONDAZIONE**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

| Descrizione carico   |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|  |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia   | g1 | 735            |                |                | 1.35            | 0.00            | 9.60            | 0              | 992            |
| Muro frontale  | g1 | 4828           |                |                | 2.55            | 0.00            | 4.83            | 0              | 12311          |
| Plinto   | g1 | 7258           |                |                | 0.00            | 0.00            | 0.90            | 0              | 0              |
| Muri andatori  | g1 | 0              |                |                | -1.60           | 0.00            | 6.58            | 0              | 0              |
| <b>Totale Permanenti</b>   |    | <b>12821</b>   |                |                |                 |                 |                 | <b>0</b>       | <b>13303</b>   |
| Rinterro   | g3 | 18483          |                |                | -1.60           | 0.00            | 6.58            | 0              | -29572         |
| Ricop. Plinto  | g3 | 314            |                |                | 1.60            | 0.00            | 2.20            | 0              | 503            |
| Sovr. acc. sul rilevato  |    | 2150           |                |                | -1.60           | 0.00            | 11.35           | 0              | -3441          |
| * Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni |    |                |                |                |                 |                 |                 |                |                |
| Rinterro   | g3 |                | 8306           |                | -1.60           | 0.00            | 3.78            | 0              | 31424          |
| Sovr. acc. sul rilevato  |    |                | 1626           |                | 0.00            | 0.00            | 5.68            | 0              | 9229           |

Fase sismica Monobe-Okabe

**PARAGHIAIA**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

| Descrizione carico       |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                          |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia               | g1 | 735            |                |                | 0.00            | 0.00            | 1.75            | 0              | 0              |
| Rinterro                 | g3 |                | 502            |                | 0.00            | 0.00            | 1.17            | 0              | 586            |
| Frenatura sul paraghiaia |    | 300            | 180            |                | 0.00            | 0.00            | 3.50            | 0              | 630            |
| Sovr. acc. sul rilevato  |    |                | 319            |                | 0.00            | 0.00            | 1.75            | 0              | 558            |

cond sismica x

| Descrizione carico      |             | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|-------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                         |             | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia              | q6          | 0              | 155            | 0              | 0.00            | 0.00            | 1.75            | 0              | 272            |
| Rinterro                | Inerzia     |                | 1433           |                |                 |                 | 1.75            | 0              | 2507           |
|                         | Sovraspinta |                | 295            |                |                 |                 | 1.17            | 0              | 344            |
| Rinterro [totale]       |             |                | 1728           |                |                 |                 |                 | 0              | 2851           |
| Sovr. acc. sul rilevato |             |                | 319            |                | 0.00            | 0.00            | 1.75            | 0              | 558            |
| <b>Totale generale</b>  |             |                | <b>2202</b>    |                |                 |                 |                 | <b>0</b>       | <b>3681</b>    |

cond sismica y

| Descrizione carico |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                    |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia         | q6 | 0              | 0              | 155            | 0.00            | 0.00            | 1.75            | 272            | 0              |

cond sismica vert

| Descrizione carico |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                    |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia         | q6 | 78             | 0              | 0              | 0.00            | 0.00            | 1.75            | 0              | 0              |

**SPICCATO MURO FRONTALE**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

| Descrizione carico       |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                          |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia               | g1 | 735            | 0              | 0              | -1.20           |                 | 7.80            | 0              | -882           |
| Muro frontale            | g1 | 4828           | 0              | 0              |                 |                 | 3.03            | 0              | 0              |
| <b>Totale Permanenti</b> |    | <b>5563</b>    | <b>0</b>       | <b>0</b>       |                 |                 |                 | <b>0</b>       | <b>-882</b>    |
| Rinterro                 | g3 |                | 3737           | 0              |                 |                 | 3.18            | 0              | 11896          |
| Sovr. acc. sul rilevato  |    |                | 870            | 0              |                 |                 | 4.78            | 0              | 4152           |

cond sismica x

| Descrizione carico       |             | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                          |             | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia               | q6          |                | 155            |                | -1.20           | 0.00            | 7.80            | 0              | 1213           |
| Muro frontale            | q6          |                | 1021           |                | 0.00            | 0.00            | 3.03            | 0              | 3089           |
| Rinterro                 | Inerzia     |                | 3909           |                |                 |                 | 4.78            | 0              | 18666          |
|                          | Sovraspinta |                | 2197           |                |                 |                 | 3.18            | 0              | 6993           |
| <b>Rinterro [totale]</b> |             |                | <b>6106</b>    |                |                 |                 |                 | <b>0</b>       | <b>25659</b>   |
| Sovr. acc. sul rilevato  |             |                | 870            |                |                 |                 | 4.78            | 0              | 4152           |
| <b>Totale generale</b>   |             |                | <b>8152</b>    |                |                 |                 |                 | <b>0</b>       | <b>34112</b>   |

cond sismica y

| Descrizione carico     |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                        |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia             | q6 |                |                | 155            | -1.20           | 0.00            | 7.80            | 1213           | 0              |
| Muro frontale          | q6 |                |                | 1021           | 0.00            | 0.00            | 3.03            | 3089           | 0              |
| Rinterro               |    |                |                |                | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0              | 0              |
| <b>Totale generale</b> |    |                |                | <b>1177</b>    |                 |                 |                 | <b>4301</b>    | <b>0</b>       |

cond sismica vert

| Descrizione carico     |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                        |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia             | q6 | 78             |                |                | -1.20           | 0.00            | 7.80            | 0              | -93            |
| Muro frontale          | q6 | 511            |                |                | 0.00            | 0.00            | 3.03            | 0              | 0              |
| <b>Totale generale</b> |    | <b>588</b>     |                |                |                 |                 |                 | <b>0</b>       | <b>-93</b>     |

**FONDAZIONE**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

| Descrizione carico   |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|  |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia   | g1 | 735            |                |                | 1.35            | 0.00            | 9.60            | 0              | 992            |
| Muro frontale  | g1 | 4828           |                |                | 2.55            | 0.00            | 4.83            | 0              | 12311          |
| Plinto   | g1 | 7258           |                |                | 0.00            | 0.00            | 0.90            | 0              | 0              |
| Muri andatori  | g1 | 0              |                |                | -1.60           | 0.00            | 6.58            | 0              | 0              |
| <b>Totale Permanenti</b>   |    | <b>12821</b>   |                |                |                 |                 |                 | <b>0</b>       | <b>13303</b>   |
| Rinterro   | g3 | 18483          |                |                | -1.60           | 0.00            | 6.58            | 0              | -29572         |
| Ricop. Plinto  | g3 | 314            |                |                | 1.60            | 0.00            | 2.20            | 0              | 503            |
| Sovr. acc. sul rilevato  |    | 2150           |                |                | -1.60           | 0.00            | 11.35           | 0              | -3441          |
| * Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni |    |                |                |                |                 |                 |                 |                |                |
| Rinterro   | g3 |                | 5278           |                | -1.60           | 0.00            | 3.78            | 0              | 19970          |
| Sovr. acc. sul rilevato  |    |                | 1033           |                | 0.00            | 0.00            | 5.68            | 0              | 5865           |

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond sismica x

| Descrizione carico       |             | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                          |             | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia               | q6          |                | 155            |                | 1.35            | 0.00            | 9.60            | 0              | 1492           |
| Muro frontale            | q6          |                | 1021           |                | 2.55            | 0.00            | 4.83            | 0              | 4927           |
| Plinto                   | q6          |                | 1535           |                | 0.00            | 0.00            | 0.90            | 0              | 1381           |
| Muri andatori            | q6          |                | 0              |                | -1.60           | 0.00            | 6.58            | 0              | 0              |
| Rinterro                 | Inerzia     |                | 3909           |                | -1.60           | 0.00            | 6.58            | 0              | 25702          |
|                          | Sovrappinta |                | 3103           |                | -1.60           | 0.00            | 3.78            | 0              | 11739          |
| <b>Rinterro [totale]</b> |             |                | <b>7012</b>    |                |                 |                 | <b>6.58</b>     | <b>0</b>       | <b>37441</b>   |
| Sovr. acc. sul rilevato  |             |                | 1033           |                | -1.60           |                 | 6.58            | 0              | 5865           |
| <b>Totale generale</b>   |             |                | <b>10757</b>   |                |                 |                 |                 |                | <b>51107</b>   |

cond sismica y

| Descrizione carico       |             | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|--------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                          |             | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia               | q6          |                |                | 155            | 1.35            | 0.00            | 9.60            | 1492           | 0              |
| Muro frontale            | q6          |                |                | 1021           | 2.55            | 0.00            | 4.83            | 4927           | 0              |
| Plinto                   | q6          |                |                | 1535           | 0.00            | 0.00            | 0.90            | 1381           | 0              |
| Muri andatori            | q6          |                |                | 0              | -1.60           | 0.00            | 6.58            | 0              | 0              |
| Rinterro                 | Inerzia     |                |                | 3909           | 0.00            |                 | 6.58            | 25702          | 0              |
|                          | Sovrappinta |                |                | 163            |                 |                 | 3.78            | 616            | 0              |
| <b>Rinterro [totale]</b> |             |                |                | <b>4072</b>    |                 |                 |                 | <b>26318</b>   | <b>0</b>       |
| Sovr. acc. sul rilevato  |             |                |                | 1033           | -1.60           |                 | 11.35           | 11730          | 0              |
| <b>Totale generale</b>   |             |                |                | <b>7817</b>    |                 |                 |                 | <b>45848</b>   | <b>0</b>       |

cond sismica vert

| Descrizione carico     |    | F <sub>Z</sub> | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | b <sub>ix</sub> | b <sub>iy</sub> | b <sub>iz</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> |
|------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                        |    | [kN]           | [kN]           | [kN]           | [m]             | [m]             | [m]             | [kNm]          | [kNm]          |
| Paraghiaia             | q6 | 78             |                |                | 1.35            | 0.00            | 9.60            | 0.00           | 105            |
| Muro frontale          | q6 | 511            |                |                | 2.55            | 0.00            | 4.83            | 0.00           | 1302           |
| Plinto                 | q6 | 767            |                |                | 0.00            | 0.00            | 0.90            | 0.00           | 0              |
| Muri andatori          | q6 | 0              |                |                | -1.60           | 0.00            | 6.58            | 0.00           | 0              |
| Rinterro               | q6 | 1955           |                |                | -1.60           | 0.00            | 0.00            | 0.00           | -3127          |
| Ricop. Plinto          | q6 | 33             |                |                | 1.60            | 0.00            | 2.20            | 0.00           | 53             |
| <b>Totale generale</b> |    | <b>3344</b>    |                |                |                 |                 |                 | <b>0.00</b>    | <b>-1667</b>   |



#### 4.7 SOLLECITAZIONI

##### 4.7.1 Muro paraghiaia

In condizioni statiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta del rilevato, dalla spinta dei sovraccarichi accidentali, dai sovraccarichi mobili agenti sulla mensola del muro e dall'azione di frenatura. In condizioni sismiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta sismica del rilevato, dalle masse del muro. Il modello di calcolo utilizzato è quello di mensola incastrata al muro frontale.

#### CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL PARAGHIAIA

|                                | Nz [kN] | Tx [kN] | Ty [kN] | Mx [kN*m] | My [kN*m] |
|--------------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| A2 - SLU - N max gr.1          | 1080    | 1810    | 0       | 0         | 2932      |
| A2 - SLU - MT max gr.1         | 1080    | 1810    | 0       | 0         | 2932      |
| A2 - SLU - ML max gr.1         | 1080    | 1810    | 0       | 0         | 2932      |
| A2 - SLU - N max gr.2          | 1080    | 1810    | 0       | 0         | 2932      |
| A2 - SLU - MT max gr.2         | 1080    | 1810    | 0       | 0         | 2932      |
| A2 - SLU - ML max gr.2         | 1080    | 1810    | 0       | 0         | 2932      |
| A2 - SLU - N max gr.3          | 1080    | 1810    | 0       | 0         | 2932      |
| A2 - SLU - MT max gr.3         | 1080    | 1810    | 0       | 0         | 2932      |
| A2 - SLU - ML max gr.3         | 1080    | 1810    | 0       | 0         | 2932      |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico | 735     | 1027    | 0       | 0         | 1198      |
| A2 - SLU - N max gr.1          | 1080    | 1574    | 0       | 0         | 2655      |
| A2 - SLU - MT max gr.1         | 1080    | 1574    | 0       | 0         | 2655      |
| A2 - SLU - ML max gr.1         | 1080    | 1574    | 0       | 0         | 2655      |
| A2 - SLU - N max gr.2          | 1080    | 1574    | 0       | 0         | 2655      |
| A2 - SLU - MT max gr.2         | 1080    | 1574    | 0       | 0         | 2655      |
| A2 - SLU - ML max gr.2         | 1080    | 1574    | 0       | 0         | 2655      |
| A2 - SLU - N max gr.3          | 1080    | 1574    | 0       | 0         | 2655      |
| A2 - SLU - MT max gr.3         | 1080    | 1574    | 0       | 0         | 2655      |
| A2 - SLU - ML max gr.3         | 1080    | 1574    | 0       | 0         | 2655      |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico | 735     | 790     | 0       | 0         | 921       |
| A1 - SLU - N max gr.1          | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - MT max gr.1         | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - ML max gr.1         | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - N max gr.2          | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - MT max gr.2         | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - ML max gr.2         | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - N max gr.3          | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - MT max gr.3         | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - ML max gr.3         | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico | 1397    | 2105    | 0       | 0         | 3417      |
| A1 - SLU - N max gr.1          | 1140    | 1710    | 0       | 0         | 2957      |
| A1 - SLU - MT max gr.1         | 1140    | 1710    | 0       | 0         | 2957      |
| A1 - SLU - ML max gr.1         | 1140    | 1710    | 0       | 0         | 2957      |
| A1 - SLU - N max gr.2          | 1140    | 1710    | 0       | 0         | 2957      |
| A1 - SLU - MT max gr.2         | 1140    | 1710    | 0       | 0         | 2957      |
| A1 - SLU - ML max gr.2         | 1140    | 1710    | 0       | 0         | 2957      |
| A1 - SLU - N max gr.3          | 1140    | 1710    | 0       | 0         | 2957      |
| A1 - SLU - MT max gr.3         | 1140    | 1710    | 0       | 0         | 2957      |
| A1 - SLU - ML max gr.3         | 1140    | 1710    | 0       | 0         | 2957      |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico | 735     | 790     | 0       | 0         | 921       |

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

|                                 |      |      |     |     |      |
|---------------------------------|------|------|-----|-----|------|
| SLE Rara - N max gr.1           | 1035 | 1471 | 0   | 0   | 2429 |
| SLE Rara - MT max gr.1          | 1035 | 1471 | 0   | 0   | 2429 |
| SLE Rara - ML max gr.1          | 1035 | 1471 | 0   | 0   | 2429 |
| SLE Rara - N max gr.2           | 1035 | 1471 | 0   | 0   | 2429 |
| SLE Rara - MT max gr.2          | 1035 | 1471 | 0   | 0   | 2429 |
| SLE Rara - ML max gr.2          | 1035 | 1471 | 0   | 0   | 2429 |
| SLE Rara - N max gr.3           | 1035 | 1471 | 0   | 0   | 2429 |
| SLE Rara - MT max gr.3          | 1035 | 1471 | 0   | 0   | 2429 |
| SLE Rara - ML max gr.3          | 1035 | 1471 | 0   | 0   | 2429 |
| SLE Rara - Vento ponte scarico  | 735  | 790  | 0   | 0   | 921  |
| SLE Freq. - N max gr.1          | 960  | 1301 | 0   | 0   | 2052 |
| SLE Freq. - MT max gr.1         | 960  | 1301 | 0   | 0   | 2052 |
| SLE Freq. - ML max gr.1         | 960  | 1301 | 0   | 0   | 2052 |
| SLE Freq. - N max gr.2          | 960  | 1301 | 0   | 0   | 2052 |
| SLE Freq. - MT max gr.2         | 960  | 1301 | 0   | 0   | 2052 |
| SLE Freq. - ML max gr.2         | 960  | 1301 | 0   | 0   | 2052 |
| SLE Freq. - N max gr.3          | 960  | 1301 | 0   | 0   | 2052 |
| SLE Freq. - MT max gr.3         | 960  | 1301 | 0   | 0   | 2052 |
| SLE Freq. - ML max gr.3         | 960  | 1301 | 0   | 0   | 2052 |
| SLE Freq. - Vento ponte scarico | 735  | 790  | 0   | 0   | 921  |
| SLE Q.P. - ML max gr.3          | 735  | 790  | 0   | 0   | 921  |
| SLV -dir.X_1                    | 818  | 2485 | 47  | 82  | 3947 |
| SLV -dir.X_2                    | 772  | 2485 | 47  | 82  | 3947 |
| SLV -dir.Y_1                    | 818  | 1167 | 155 | 272 | 1760 |
| SLV -dir.Y_2                    | 772  | 1167 | 155 | 272 | 1760 |
| SLV -dir.Z+                     | 873  | 1167 | 47  | 82  | 1760 |
| SLV -dir.Z-                     | 717  | 1167 | 47  | 82  | 1760 |

Tabella 4.3 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia.

#### **4.7.2 Muro frontale**

Le sollecitazioni riportate nella seguente tabella sono state ottenute dal modello di calcolo descritto nei paragrafi precedenti.

Per la verifica del muro frontale, a quota spiccato, tali azioni possono essere considerate uniformemente distribuite in quanto l'altezza del muro frontale è tale che nell'ipotesi di ripartizione a 45°, tali scarichi si ripartiscono uniformemente alla base del muro

Ai carichi prima riportati, si aggiungono il peso proprio del muro frontale, del muro paraghiaia e la spinta del terreno e del sovraccarico sul rilevato a tergo.

Si ottengono quindi le seguenti sollecitazioni, con riferimento alle combinazioni maggiormente significative.

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE**

|                                | Nz [kN] | Tx [kN] | Ty [kN] | Mx [kN*m] | My [kN*m] |
|--------------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| A2 - SLU - N max gr.1          | 13242   | 9495    | 509     | 5381      | 34673     |
| A2 - SLU - MT max gr.1         | 12764   | 9495    | 509     | 8883      | 34554     |
| A2 - SLU - ML max gr.1         | 10624   | 9495    | 509     | 3976      | 34019     |
| A2 - SLU - N max gr.2          | 12587   | 10530   | 509     | 5030      | 44290     |
| A2 - SLU - MT max gr.2         | 12229   | 10530   | 509     | 7656      | 44201     |
| A2 - SLU - ML max gr.2         | 10624   | 9495    | 509     | 3976      | 34019     |
| A2 - SLU - N max gr.3          | 12587   | 9495    | 666     | 6518      | 34509     |
| A2 - SLU - MT max gr.3         | 12229   | 9495    | 666     | 9145      | 34420     |
| A2 - SLU - ML max gr.3         | 10624   | 9495    | 509     | 3976      | 34019     |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico | 10624   | 7829    | 447     | 3672      | 25908     |
| A2 - SLU - N max gr.1          | 12911   | 7688    | 466     | 5106      | 28700     |
| A2 - SLU - MT max gr.1         | 12434   | 7688    | 466     | 8608      | 28581     |
| A2 - SLU - ML max gr.1         | 10294   | 7688    | 466     | 3701      | 28046     |
| A2 - SLU - N max gr.2          | 12257   | 8723    | 466     | 4755      | 38317     |
| A2 - SLU - MT max gr.2         | 11899   | 8723    | 466     | 7381      | 38228     |
| A2 - SLU - ML max gr.2         | 10294   | 7688    | 466     | 3701      | 28046     |
| A2 - SLU - N max gr.3          | 12257   | 7688    | 624     | 6244      | 28536     |
| A2 - SLU - MT max gr.3         | 11899   | 7688    | 624     | 8870      | 28447     |
| A2 - SLU - ML max gr.3         | 10294   | 7688    | 466     | 3701      | 28046     |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico | 10294   | 6022    | 405     | 3397      | 19935     |
| A1 - SLU - N max gr.1          | 17135   | 10989   | 589     | 6249      | 40188     |
| A1 - SLU - MT max gr.1         | 16574   | 10989   | 589     | 10360     | 40048     |
| A1 - SLU - ML max gr.1         | 14062   | 10989   | 589     | 4600      | 39420     |
| A1 - SLU - N max gr.2          | 16366   | 12204   | 589     | 5837      | 51478     |
| A1 - SLU - MT max gr.2         | 15946   | 12204   | 589     | 8920      | 51373     |
| A1 - SLU - ML max gr.2         | 14062   | 10989   | 589     | 4600      | 39420     |
| A1 - SLU - N max gr.3          | 16366   | 10989   | 774     | 7584      | 39996     |
| A1 - SLU - MT max gr.3         | 15946   | 10989   | 774     | 10667     | 39891     |
| A1 - SLU - ML max gr.3         | 14062   | 10989   | 589     | 4600      | 39420     |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico | 14062   | 10989   | 625     | 4937      | 39420     |
| A1 - SLU - N max gr.1          | 13367   | 7978    | 518     | 5791      | 30224     |
| A1 - SLU - MT max gr.1         | 12806   | 7978    | 518     | 9902      | 30084     |
| A1 - SLU - ML max gr.1         | 10294   | 7978    | 518     | 4142      | 29456     |
| A1 - SLU - N max gr.2          | 12598   | 9193    | 518     | 5379      | 41514     |
| A1 - SLU - MT max gr.2         | 12598   | 9193    | 518     | 5379      | 41514     |
| A1 - SLU - ML max gr.2         | 12178   | 9193    | 518     | 8462      | 41409     |
| A1 - SLU - N max gr.3          | 10294   | 7978    | 518     | 4142      | 29456     |
| A1 - SLU - MT max gr.3         | 12598   | 7978    | 703     | 7127      | 30032     |
| A1 - SLU - ML max gr.3         | 12178   | 7978    | 703     | 10210     | 29927     |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico | 10294   | 6131    | 518     | 4142      | 20636     |

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

|                                 |       |       |      |      |       |
|---------------------------------|-------|-------|------|------|-------|
| SLE Rara - N max gr.1           | 10294 | 7391  | 445  | 3779 | 26469 |
| SLE Rara - MT max gr.1          | 12570 | 7471  | 401  | 4340 | 27557 |
| SLE Rara - ML max gr.1          | 12155 | 7471  | 401  | 7385 | 27453 |
| SLE Rara - N max gr.2           | 10294 | 7471  | 401  | 3118 | 26988 |
| SLE Rara - MT max gr.2          | 12001 | 8371  | 401  | 4035 | 35920 |
| SLE Rara - ML max gr.2          | 11690 | 8371  | 401  | 6318 | 35842 |
| SLE Rara - N max gr.3           | 10294 | 7471  | 401  | 3118 | 26988 |
| SLE Rara - MT max gr.3          | 12001 | 7471  | 538  | 5329 | 27415 |
| SLE Rara - ML max gr.3          | 11690 | 7471  | 538  | 7613 | 27337 |
| SLE Rara - Vento ponte scarico  | 10294 | 6103  | 401  | 3118 | 20454 |
| SLE Freq. - N max gr.1          | 12001 | 7109  | 202  | 2221 | 25651 |
| SLE Freq. - MT max gr.1         | 11690 | 7109  | 202  | 4505 | 25574 |
| SLE Freq. - ML max gr.1         | 10294 | 7109  | 202  | 1305 | 25225 |
| SLE Freq. - N max gr.2          | 11574 | 7784  | 202  | 1992 | 31923 |
| SLE Freq. - MT max gr.2         | 11341 | 7784  | 202  | 3705 | 31865 |
| SLE Freq. - ML max gr.2         | 10294 | 7109  | 202  | 1305 | 25225 |
| SLE Freq. - N max gr.3          | 11574 | 7109  | 305  | 2963 | 25545 |
| SLE Freq. - MT max gr.3         | 11341 | 7109  | 305  | 4676 | 25486 |
| SLE Freq. - ML max gr.3         | 10294 | 7109  | 202  | 1305 | 25225 |
| SLE Freq. - Vento ponte scarico | 10294 | 6022  | 182  | 1297 | 19935 |
| SLE Q.P. - ML max gr.3          | 10294 | 7471  | 222  | 1434 | 26988 |
| SLV -dir.X 1                    | 10695 | 11951 | 646  | 3180 | 47905 |
| SLV -dir.X 2                    | 9892  | 11951 | 646  | 3180 | 47848 |
| SLV -dir.Y 1                    | 11068 | 6614  | 1812 | 9335 | 26018 |
| SLV -dir.Y 2                    | 10265 | 6614  | 1812 | 9335 | 25961 |
| SLV -dir.Z+                     | 12087 | 6614  | 673  | 3684 | 26104 |
| SLV -dir.Z-                     | 9411  | 6614  | 673  | 3684 | 25916 |

Tabella 4.4 – Sollecitazioni alla base del muro frontale.

Le sollecitazioni in direzione trasversale risultano trascurabili rispetto a quelle in direzione longitudinale, tenuto anche conto della geometria della sezione del muro frontale.

#### 4.7.3 Plinto di fondazione

In questo paragrafo si riporta la determinazione delle sollecitazioni in quota testa pali che si ottengono sommando, alle azioni provenienti dall'impalcato, la risultante e il momento risultante dei pesi della struttura, del terreno interno alla spalla e delle spinte dovute al rilevato rispetto al baricentro del plinto. In condizioni sismiche si è tenuto conto dell'incremento di spinta delle inerzie.

Nella tabella che segue sono indicati la risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

| CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE |         |         |         |           |           |
|--|---------|---------|---------|-----------|-----------|
|  | Nz [kN] | Tx [kN] | Ty [kN] | Mx [kN*m] | My [kN*m] |
| A2 - SLU - N max gr.1  | 47408   | 12945   | 509     | 6296      | 46807     |
| A2 - SLU - MT max gr.1   | 46931   | 12945   | 509     | 9798      | 45470     |
| A2 - SLU - ML max gr.1   | 44791   | 12945   | 509     | 4892      | 39478     |
| A2 - SLU - N max gr.2  | 46754   | 13980   | 509     | 5945      | 56618     |
| A2 - SLU - MT max gr.2   | 46396   | 13980   | 509     | 8572      | 55616     |
| A2 - SLU - ML max gr.2   | 44791   | 12945   | 509     | 4892      | 39478     |
| A2 - SLU - N max gr.3  | 46754   | 12945   | 666     | 7718      | 44975     |
| A2 - SLU - MT max gr.3   | 46396   | 12945   | 666     | 10344     | 43972     |
| A2 - SLU - ML max gr.3   | 44791   | 12945   | 509     | 4892      | 39478     |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico                                     | 42318   | 10982   | 447     | 4476      | 32058     |
| A2 - SLU - N max gr.1  | 41439   | 10410   | 466     | 5945      | 44824     |
| A2 - SLU - MT max gr.1   | 40962   | 10410   | 466     | 9447      | 43488     |
| A2 - SLU - ML max gr.1   | 38822   | 10410   | 466     | 4540      | 37496     |
| A2 - SLU - N max gr.2  | 40785   | 11445   | 466     | 5594      | 54636     |
| A2 - SLU - MT max gr.2   | 40427   | 11445   | 466     | 8220      | 53634     |
| A2 - SLU - ML max gr.2   | 38822   | 10410   | 466     | 4540      | 37496     |
| A2 - SLU - N max gr.3  | 40785   | 10410   | 624     | 7366      | 42992     |
| A2 - SLU - MT max gr.3   | 40427   | 10410   | 624     | 9993      | 41990     |
| A2 - SLU - ML max gr.3   | 38822   | 10410   | 466     | 4540      | 37496     |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico                                     | 36349   | 8448    | 405     | 4125      | 30076     |
| A1 - SLU - N max gr.1  | 58031   | 14976   | 589     | 7309      | 58907     |
| A1 - SLU - MT max gr.1   | 57471   | 14976   | 589     | 11419     | 57338     |
| A1 - SLU - ML max gr.1   | 54958   | 14976   | 589     | 5660      | 50304     |
| A1 - SLU - N max gr.2  | 57263   | 16191   | 589     | 6896      | 70425     |
| A1 - SLU - MT max gr.2   | 56843   | 16191   | 589     | 9979      | 69248     |
| A1 - SLU - ML max gr.2   | 54958   | 14976   | 589     | 5660      | 50304     |
| A1 - SLU - N max gr.3  | 57263   | 14976   | 774     | 8977      | 56756     |
| A1 - SLU - MT max gr.3   | 56843   | 14976   | 774     | 12060     | 55580     |
| A1 - SLU - ML max gr.3   | 54958   | 14976   | 589     | 5660      | 50304     |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico                                     | 54958   | 14976   | 625     | 6061      | 50304     |
| A1 - SLU - N max gr.1  | 42324   | 10752   | 518     | 6723      | 47389     |
| A1 - SLU - MT max gr.1   | 41764   | 10752   | 518     | 10834     | 45820     |
| A1 - SLU - ML max gr.1   | 39252   | 10752   | 518     | 5074      | 38786     |
| A1 - SLU - N max gr.2  | 41556   | 11967   | 518     | 6311      | 58907     |
| A1 - SLU - MT max gr.2   | 41556   | 11967   | 518     | 6311      | 58907     |
| A1 - SLU - ML max gr.2   | 41136   | 11967   | 518     | 9394      | 57731     |
| A1 - SLU - N max gr.3  | 39252   | 10752   | 518     | 5074      | 38786     |
| A1 - SLU - MT max gr.3   | 41556   | 10752   | 703     | 8392      | 45238     |
| A1 - SLU - ML max gr.3   | 41136   | 10752   | 703     | 11475     | 44062     |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico                                     | 36349   | 8556    | 518     | 5074      | 30972     |

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

|                                 |       |       |      |       |       |
|---------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| SLE Rara - N max gr.1           | 38499 | 10074 | 445  | 4580  | 35864 |
| SLE Rara - MT max gr.1          | 40775 | 10154 | 401  | 5061  | 42901 |
| SLE Rara - ML max gr.1          | 40360 | 10154 | 401  | 8106  | 41739 |
| SLE Rara - N max gr.2           | 38499 | 10154 | 401  | 3839  | 36528 |
| SLE Rara - MT max gr.2          | 40206 | 11054 | 401  | 4756  | 51432 |
| SLE Rara - ML max gr.2          | 39895 | 11054 | 401  | 7039  | 50561 |
| SLE Rara - N max gr.3           | 38499 | 10154 | 401  | 3839  | 36528 |
| SLE Rara - MT max gr.3          | 40206 | 10154 | 538  | 6297  | 41307 |
| SLE Rara - ML max gr.3          | 39895 | 10154 | 538  | 8581  | 40436 |
| SLE Rara - Vento ponte scarico  | 36349 | 8528  | 401  | 3839  | 30740 |
| SLE Freq. - N max gr.1          | 39668 | 9728  | 202  | 2585  | 39694 |
| SLE Freq. - MT max gr.1         | 39357 | 9728  | 202  | 4869  | 38823 |
| SLE Freq. - ML max gr.1         | 37961 | 9728  | 202  | 1669  | 34915 |
| SLE Freq. - N max gr.2          | 39242 | 10403 | 202  | 2356  | 46093 |
| SLE Freq. - MT max gr.2         | 39008 | 10403 | 202  | 4069  | 45440 |
| SLE Freq. - ML max gr.2         | 37961 | 9728  | 202  | 1669  | 34915 |
| SLE Freq. - N max gr.3          | 39242 | 9728  | 305  | 3512  | 38499 |
| SLE Freq. - MT max gr.3         | 39008 | 9728  | 305  | 5225  | 37846 |
| SLE Freq. - ML max gr.3         | 37961 | 9728  | 202  | 1669  | 34915 |
| SLE Freq. - Vento ponte scarico | 36349 | 8448  | 182  | 1625  | 30076 |
| SLE Q.P. - ML max gr.3          | 38499 | 10154 | 222  | 1835  | 36528 |
| SLV -dir.X 1                    | 38007 | 15967 | 2390 | 13357 | 69561 |
| SLV -dir.X 2                    | 35551 | 15967 | 2390 | 13357 | 69301 |
| SLV -dir.Y 1                    | 38379 | 8920  | 7625 | 42642 | 37494 |
| SLV -dir.Y 2                    | 35923 | 8920  | 7625 | 42642 | 37234 |
| SLV -dir.Z+                     | 41327 | 8920  | 2417 | 13909 | 38029 |
| SLV -dir.Z-                     | 33140 | 8920  | 2417 | 13909 | 37164 |

Tabella 4.5 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione.

#### 4.7.4 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

| <b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b> |       |                |                |                |                |                       |                       |                   |
|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| C.C.  | N     | T <sub>x</sub> | T <sub>y</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | N <sub>max/palo</sub> | N <sub>min/palo</sub> | T <sub>palo</sub> |
| n°  | kN    | kN             | kN             | kNm            | kNm            | kN                    | kN                    | kN                |
| Al - SLU - N max gr.1                               | 58031 | 14976          | 589            | 7309           | 58907          | 5640                  | 2097                  | 999               |
| Al - SLU - MT max gr.1                              | 57471 | 14976          | 589            | 11419          | 57338          | 5636                  | 2027                  | 999               |
| Al - SLU - ML max gr.1                              | 54958 | 14976          | 589            | 5660           | 50304          | 5166                  | 2162                  | 999               |
| Al - SLU - N max gr.2                               | 57263 | 16191          | 589            | 6896           | 70425          | 5901                  | 1734                  | 1080              |
| Al - SLU - MT max gr.2                              | 56843 | 16191          | 589            | 9979           | 69248          | 5898                  | 1681                  | 1080              |
| Al - SLU - ML max gr.2                              | 54958 | 14976          | 589            | 5660           | 50304          | 5166                  | 2162                  | 999               |
| Al - SLU - N max gr.3                               | 57263 | 14976          | 774            | 8977           | 56756          | 5560                  | 2075                  | 1000              |
| Al - SLU - MT max gr.3                              | 56843 | 14976          | 774            | 12060          | 55580          | 5557                  | 2022                  | 1000              |
| Al - SLU - ML max gr.3                              | 54958 | 14976          | 589            | 5660           | 50304          | 5166                  | 2162                  | 999               |
| Al - SLU - Vento ponte scarico                      | 54958 | 14976          | 625            | 6061           | 50304          | 5173                  | 2154                  | 999               |
| Al - SLU - N max gr.1                               | 42324 | 10752          | 518            | 6723           | 47389          | 4262                  | 1381                  | 718               |
| Al - SLU - MT max gr.1                              | 41764 | 10752          | 518            | 10834          | 45820          | 4258                  | 1311                  | 718               |
| Al - SLU - ML max gr.1                              | 39252 | 10752          | 518            | 5074           | 38786          | 3788                  | 1445                  | 718               |
| Al - SLU - N max gr.2                               | 41556 | 11967          | 518            | 6311           | 58907          | 4524                  | 1017                  | 799               |
| Al - SLU - MT max gr.2                              | 41556 | 11967          | 518            | 6311           | 58907          | 4524                  | 1017                  | 799               |
| Al - SLU - ML max gr.2                              | 41136 | 11967          | 518            | 9394           | 57731          | 4520                  | 965                   | 799               |
| Al - SLU - N max gr.3                               | 39252 | 10752          | 518            | 5074           | 38786          | 3788                  | 1445                  | 718               |
| Al - SLU - MT max gr.3                              | 41556 | 10752          | 703            | 8392           | 45238          | 4182                  | 1358                  | 718               |
| Al - SLU - ML max gr.3                              | 41136 | 10752          | 703            | 11475          | 44062          | 4179                  | 1306                  | 718               |
| Al - SLU - Vento ponte scarico                      | 36349 | 8556           | 518            | 5074           | 30972          | 3378                  | 1469                  | 571               |
|   |       |                |                |                |                | 5901                  | 965                   | 1080              |

Tabella 4.6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU.

| <b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b> |       |                |                |                |                |                       |                       |                   |
|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| C.C.  | N     | T <sub>x</sub> | T <sub>y</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | N <sub>max/palo</sub> | N <sub>min/palo</sub> | T <sub>palo</sub> |
| n°  | kN    | kN             | kN             | kNm            | kNm            | kN                    | kN                    | kN                |
| SLV -dir.X 1  | 38007 | 15967          | 2390           | 13357          | 69561          | 4713                  | 354                   | 1076              |
| SLV -dir.X 2  | 35551 | 15967          | 2390           | 13357          | 69301          | 4542                  | 198                   | 1076              |
| SLV -dir.Y 1  | 38379 | 8920           | 7625           | 42642          | 37494          | 4390                  | 727                   | 782               |
| SLV -dir.Y 2  | 35923 | 8920           | 7625           | 42642          | 37234          | 4219                  | 571                   | 782               |
| SLV -dir.Z+   | 41327 | 8920           | 2417           | 13909          | 38029          | 4069                  | 1441                  | 616               |
| SLV -dir.Z-   | 33140 | 8920           | 2417           | 13909          | 37164          | 3499                  | 919                   | 616               |
|   |       |                |                |                |                | 4713                  | 198                   | 1076              |

Tabella 4.7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV.



| <b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b> |          |                      |                      |                      |                      |                             |                             |                          |
|---|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <b>C.C.</b>   | <b>N</b> | <b>T<sub>x</sub></b> | <b>T<sub>y</sub></b> | <b>M<sub>x</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> | <b>N<sub>max/palo</sub></b> | <b>N<sub>min/palo</sub></b> | <b>T<sub>/palo</sub></b> |
| n°  | kN       | kN                   | kN                   | kNm                  | kNm                  | kN                          | kN                          | kN                       |
| SLE Rara - N max gr.1                               | 38499    | 10074                | 445                  | 4580                 | 35864                | 3648                        | 1486                        | 672                      |
| SLE Rara - MT max gr.1                              | 40775    | 10154                | 401                  | 5061                 | 42901                | 4004                        | 1433                        | 677                      |
| SLE Rara - ML max gr.1                              | 40360    | 10154                | 401                  | 8106                 | 41739                | 4000                        | 1381                        | 677                      |
| SLE Rara - N max gr.2                               | 38499    | 10154                | 401                  | 3839                 | 36528                | 3652                        | 1481                        | 677                      |
| SLE Rara - MT max gr.2                              | 40206    | 11054                | 401                  | 4756                 | 51432                | 4197                        | 1164                        | 737                      |
| SLE Rara - ML max gr.2                              | 39895    | 11054                | 401                  | 7039                 | 50561                | 4194                        | 1125                        | 737                      |
| SLE Rara - N max gr.3                               | 38499    | 10154                | 401                  | 3839                 | 36528                | 3652                        | 1481                        | 677                      |
| SLE Rara - MT max gr.3                              | 40206    | 10154                | 538                  | 6297                 | 41307                | 3944                        | 1416                        | 678                      |
| SLE Rara - ML max gr.3                              | 39895    | 10154                | 538                  | 8581                 | 40436                | 3942                        | 1378                        | 678                      |
| SLE Rara - Vento ponte scarico                      | 36349    | 8528                 | 401                  | 3839                 | 30740                | 3348                        | 1498                        | 569                      |
|   |          |                      |                      |                      |                      | 4197                        | 1125                        | 737                      |

Tabella 4.8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE.

#### 4.8 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

#### 4.8.1 Paraghiaia

Viene verificata la sezione di incastro con lo spiccato del muro frontale. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro paraghiaia viene considerato come una mensola incastrata allo spiccato del muro frontale, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 0.5x16.80 m

Armatura verticale

As =  $\phi$  20/10 (lato controterra)

A's =  $\phi$  16/20 (lato esterno)

Armatura orizzontale

As =  $\phi$  14/20 (lato controterra)

A's =  $\phi$  12/20 (lato esterno)

La verifica a taglio è soddisfatta come elemento non armato a taglio. Si prevede comunque un minimo di armatura a taglio costituita da spilli  $9\phi 10/m^2$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|  |   |                     |                     |
|--|---|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                                 | Classe:                                   | C32/40              |                     |
|  | Resis. compr. di progetto fcd:            | 18.800              | MPa                 |
|  | Def.unit. max resistenza ec2:             | 0.0020              |                     |
|  | Def.unit. ultima ecu:                     | 0.0035              |                     |
|  | Diagramma tensione-deformaz.:             | Parabola-Rettangolo |                     |
|  | Modulo Elastico Normale Ec:               | 33643.0             | MPa                 |
|  | Resis. media a trazione fctm:             | 3.100               | MPa                 |
|  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 199.20              | daN/cm <sup>2</sup> |
|  | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300               | mm                  |
|  | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 0.00                | Mpa                 |
|  | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.200               | mm                  |
|  | ACCIAIO -                                 | Tipo:               | B450C               |
| Resist. caratt. snervam. fyk:                  |   | 450.00              | MPa                 |
| Resist. caratt. rottura ftk:                   |   | 450.00              | MPa                 |
| Resist. snerv. di progetto fyd:                |   | 391.30              | MPa                 |
| Resist. ultima di progetto ftd:                |   | 391.30              | MPa                 |
| Deform. ultima di progetto Epu:                |   | 0.068               |                     |
| Modulo Elastico Ef                             |   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensione-deformaz.:                  |   | Bilineare finito    |                     |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ : |   | 1.00                |                     |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :  |   | 0.50                |                     |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                   |   | 360.00              | MPa                 |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

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

MANDATARIA



MANDANTE



**ICARIA**  
società di ingegneri

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | 0.0    | 0.0    |
| 2          | 0.0    | 1680.0 |
| 3          | 50.0   | 1680.0 |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

**DATI BARRE ISOLATE**

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | 8.3    | 8.3    | 16        |
| 2       | 8.3    | 1671.7 | 16        |
| 3       | 41.7   | 1671.7 | 16        |
| 4       | 41.7   | 8.3    | 16        |

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 2            | 166     | 20 |
| 2      | 3            | 4            | 83      | 16 |

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

| N   | Mx | My | Vy | Vx |
|---|----|----|----|----|
| Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)   |    |    |    |    |
| Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |    |    |    |    |
| Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |    |    |    |    |
| Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y   |    |    |    |    |
| Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x   |    |    |    |    |

| N°Comb. | N       | Mx   | My      | Vy   | Vx      |
|---------|---------|------|---------|------|---------|
| 1       | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 2       | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 3       | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 4       | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 5       | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 6       | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 7       | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 8       | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 9       | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 10      | 1397.00 | 0.00 | 3417.00 | 0.00 | 2105.00 |
| 11      | 1140.00 | 0.00 | 2957.00 | 0.00 | 1710.00 |
| 12      | 1140.00 | 0.00 | 2957.00 | 0.00 | 1710.00 |
| 13      | 1140.00 | 0.00 | 2957.00 | 0.00 | 1710.00 |
| 14      | 1140.00 | 0.00 | 2957.00 | 0.00 | 1710.00 |
| 15      | 1140.00 | 0.00 | 2957.00 | 0.00 | 1710.00 |

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

|    |         |        |         |        |         |
|----|---------|--------|---------|--------|---------|
| 16 | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 0.00   | 1710.00 |
| 17 | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 0.00   | 1710.00 |
| 18 | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 0.00   | 1710.00 |
| 19 | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 0.00   | 1710.00 |
| 20 | 735.00  | 0.00   | 921.00  | 0.00   | 790.00  |
| 21 | 818.00  | 82.00  | 3947.00 | 47.00  | 2485.00 |
| 22 | 772.00  | 82.00  | 3947.00 | 47.00  | 2485.00 |
| 23 | 818.00  | 272.00 | 1760.00 | 155.00 | 1167.00 |
| 24 | 772.00  | 272.00 | 1760.00 | 155.00 | 1167.00 |
| 25 | 873.00  | 82.00  | 1760.00 | 47.00  | 1167.00 |
| 26 | 717.00  | 82.00  | 1760.00 | 47.00  | 1167.00 |

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

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N       | Mx   | My      |
|---------|---------|------|---------|
| 1       | 1035.00 | 0.00 | 2429.00 |
| 2       | 1035.00 | 0.00 | 2429.00 |
| 3       | 1035.00 | 0.00 | 2429.00 |
| 4       | 1035.00 | 0.00 | 2429.00 |
| 5       | 1035.00 | 0.00 | 2429.00 |
| 6       | 1035.00 | 0.00 | 2429.00 |
| 7       | 1035.00 | 0.00 | 2429.00 |
| 8       | 1035.00 | 0.00 | 2429.00 |
| 9       | 1035.00 | 0.00 | 2429.00 |
| 10      | 735.00  | 0.00 | 921.00  |

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

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N      | Mx          | My                |
|---------|--------|-------------|-------------------|
| 1       | 960.00 | 0.00 (0.00) | 2052.00 (2721.38) |
| 2       | 960.00 | 0.00 (0.00) | 2052.00 (2721.38) |
| 3       | 960.00 | 0.00 (0.00) | 2052.00 (2721.38) |
| 4       | 960.00 | 0.00 (0.00) | 2052.00 (2721.38) |
| 5       | 960.00 | 0.00 (0.00) | 2052.00 (2721.38) |
| 6       | 960.00 | 0.00 (0.00) | 2052.00 (2721.38) |
| 7       | 960.00 | 0.00 (0.00) | 2052.00 (2721.38) |
| 8       | 960.00 | 0.00 (0.00) | 2052.00 (2721.38) |
| 9       | 960.00 | 0.00 (0.00) | 2052.00 (2721.38) |
| 10      | 735.00 | 0.00 (0.00) | 921.00 (2798.24)  |

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

MANDATARIA



MANDANTE



**ICARIA**  
società di ingegneri

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N      | Mx          | My               |
|---------|--------|-------------|------------------|
| 1       | 735.00 | 0.00 (0.00) | 921.00 (2798.24) |

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

| N°Comb | Ver | N       | Mx     | My      | N Res   | Mx Res  | My Res  | Mis.Sic.         | As Tesa |
|--------|-----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|------------------|---------|
| 1      | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 2      | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 3      | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 4      | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 5      | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 6      | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 7      | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 8      | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 9      | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 10     | S   | 1397.00 | 0.00   | 3417.00 | 1397.24 | 0.04    | 8136.23 | 2.37525.5(150.5) |         |
| 11     | S   | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 1139.90 | 0.05    | 8090.99 | 2.73525.5(150.5) |         |
| 12     | S   | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 1139.90 | 0.05    | 8090.99 | 2.73525.5(150.5) |         |
| 13     | S   | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 1139.90 | 0.05    | 8090.99 | 2.73525.5(150.5) |         |
| 14     | S   | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 1139.90 | 0.05    | 8090.99 | 2.73525.5(150.5) |         |
| 15     | S   | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 1139.90 | 0.05    | 8090.99 | 2.73525.5(150.5) |         |
| 16     | S   | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 1139.90 | 0.05    | 8090.99 | 2.73525.5(150.5) |         |
| 17     | S   | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 1139.90 | 0.05    | 8090.99 | 2.73525.5(150.5) |         |
| 18     | S   | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 1139.90 | 0.05    | 8090.99 | 2.73525.5(150.5) |         |
| 19     | S   | 1140.00 | 0.00   | 2957.00 | 1139.90 | 0.05    | 8090.99 | 2.73525.5(150.5) |         |
| 20     | S   | 735.00  | 0.00   | 921.00  | 734.89  | 0.15    | 8019.44 | 8.63525.5(150.5) |         |
| 21     | S   | 818.00  | 82.00  | 3947.00 | 817.97  | 162.69  | 8043.26 | 2.04525.5(150.5) |         |
| 22     | S   | 772.00  | 82.00  | 3947.00 | 771.75  | 173.12  | 8035.66 | 2.03525.5(150.5) |         |
| 23     | S   | 818.00  | 272.00 | 1760.00 | 817.88  | 1210.00 | 8090.30 | 4.57525.5(150.5) |         |
| 24     | S   | 772.00  | 272.00 | 1760.00 | 772.01  | 1237.56 | 8081.98 | 4.57525.5(150.5) |         |
| 25     | S   | 873.00  | 82.00  | 1760.00 | 872.71  | 392.70  | 8066.03 | 4.56525.5(150.5) |         |
| 26     | S   | 717.00  | 82.00  | 1760.00 | 717.07  | 372.77  | 8037.21 | 4.55525.5(150.5) |         |

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

MANDATARIA

MANDANTE

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 2      | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 3      | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 4      | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 5      | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 6      | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 7      | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 8      | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 9      | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 10     | 0.00350 | 0.204 | 50.0   | 1680.0 | 0.00009 | 41.7   | 1671.7 | -0.01365 | 8.3    | 8.3    |
| 11     | 0.00350 | 0.202 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01379 | 8.3    | 8.3    |
| 12     | 0.00350 | 0.202 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01379 | 8.3    | 8.3    |
| 13     | 0.00350 | 0.202 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01379 | 8.3    | 8.3    |
| 14     | 0.00350 | 0.202 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01379 | 8.3    | 8.3    |
| 15     | 0.00350 | 0.202 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01379 | 8.3    | 8.3    |
| 16     | 0.00350 | 0.202 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01379 | 8.3    | 8.3    |
| 17     | 0.00350 | 0.202 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01379 | 8.3    | 8.3    |
| 18     | 0.00350 | 0.202 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01379 | 8.3    | 8.3    |
| 19     | 0.00350 | 0.202 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01379 | 8.3    | 8.3    |
| 20     | 0.00350 | 0.200 | 50.0   | 1680.0 | 0.00001 | 41.7   | 1671.7 | -0.01403 | 8.3    | 8.3    |
| 21     | 0.00350 | 0.200 | 50.0   | 1680.0 | 0.00003 | 41.7   | 1671.7 | -0.01399 | 8.3    | 8.3    |
| 22     | 0.00350 | 0.200 | 50.0   | 1680.0 | 0.00002 | 41.7   | 1671.7 | -0.01402 | 8.3    | 8.3    |
| 23     | 0.00350 | 0.200 | 50.0   | 1680.0 | 0.00006 | 41.7   | 1671.7 | -0.01399 | 8.3    | 8.3    |
| 24     | 0.00350 | 0.200 | 50.0   | 1680.0 | 0.00005 | 41.7   | 1671.7 | -0.01402 | 8.3    | 8.3    |
| 25     | 0.00350 | 0.200 | 50.0   | 1680.0 | 0.00004 | 41.7   | 1671.7 | -0.01396 | 8.3    | 8.3    |
| 26     | 0.00350 | 0.199 | 50.0   | 1680.0 | 0.00002 | 41.7   | 1671.7 | -0.01405 | 8.3    | 8.3    |

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

|         |   |
|---------|---|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.    |
| x/d     | Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid.  | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue               |

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |
| 2      | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |
| 3      | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |
| 4      | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |
| 5      | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |
| 6      | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |
| 7      | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |
| 8      | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |
| 9      | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |
| 10     | 0.000411164 | 0.000000000 | -0.017058232 | 0.204 | 0.700  |

MANDATARIA

MANDANTE

|    |             |             |              |       |       |
|----|-------------|-------------|--------------|-------|-------|
| 11 | 0.000414677 | 0.000000000 | -0.017233862 | 0.202 | 0.700 |
| 12 | 0.000414677 | 0.000000000 | -0.017233862 | 0.202 | 0.700 |
| 13 | 0.000414677 | 0.000000000 | -0.017233862 | 0.202 | 0.700 |
| 14 | 0.000414677 | 0.000000000 | -0.017233862 | 0.202 | 0.700 |
| 15 | 0.000414677 | 0.000000000 | -0.017233862 | 0.202 | 0.700 |
| 16 | 0.000414677 | 0.000000000 | -0.017233862 | 0.202 | 0.700 |
| 17 | 0.000414677 | 0.000000000 | -0.017233862 | 0.202 | 0.700 |
| 18 | 0.000414677 | 0.000000000 | -0.017233862 | 0.202 | 0.700 |
| 19 | 0.000414677 | 0.000000000 | -0.017233862 | 0.202 | 0.700 |
| 20 | 0.000420481 | 0.000000000 | -0.017524084 | 0.200 | 0.700 |
| 21 | 0.000418563 | 0.000000020 | -0.017462043 | 0.200 | 0.700 |
| 22 | 0.000419173 | 0.000000021 | -0.017494685 | 0.200 | 0.700 |
| 23 | 0.000414411 | 0.000000126 | -0.017431420 | 0.200 | 0.700 |
| 24 | 0.000415003 | 0.000000126 | -0.017461531 | 0.200 | 0.700 |
| 25 | 0.000416747 | 0.000000049 | -0.017419137 | 0.200 | 0.700 |
| 26 | 0.000419043 | 0.000000046 | -0.017529743 | 0.199 | 0.700 |

**METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

|      |  |
|------|--|
| Ver  | S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata                     |
| Ved  | Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)         |
| Vwct | Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC] |
| d    | Altezza utile sezione [cm]   |
| bw   | Larghezza minima sezione [cm]  |
| Ro   | Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]                  |
| Scp  | Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]                         |

| N°Comb | Ver | Ved     | Vwct    | d    | bw     | Ro     | Scp  |
|--------|-----|---------|---------|------|--------|--------|------|
| 1      | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 2      | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 3      | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 4      | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 5      | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 6      | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 7      | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 8      | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 9      | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 10     | S   | 2105.00 | 4330.00 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.17 |
| 11     | S   | 1710.00 | 4297.85 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.14 |
| 12     | S   | 1710.00 | 4297.85 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.14 |
| 13     | S   | 1710.00 | 4297.85 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.14 |
| 14     | S   | 1710.00 | 4297.85 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.14 |
| 15     | S   | 1710.00 | 4297.85 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.14 |
| 16     | S   | 1710.00 | 4297.85 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.14 |
| 17     | S   | 1710.00 | 4297.85 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.14 |
| 18     | S   | 1710.00 | 4297.85 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.14 |
| 19     | S   | 1710.00 | 4297.85 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.14 |
| 20     | S   | 790.00  | 4247.18 | 41.7 | 1680.0 | 0.0075 | 0.09 |
| 21     | S   | 2485.00 | 4360.96 | 41.7 | 1680.0 | 0.0081 | 0.10 |
| 22     | S   | 2485.00 | 4434.44 | 41.7 | 1680.0 | 0.0085 | 0.09 |
| 23     | S   | 1167.05 | 4558.52 | 41.7 | 1680.0 | 0.0093 | 0.10 |
| 24     | S   | 1167.05 | 4561.96 | 41.7 | 1680.0 | 0.0093 | 0.09 |
| 25     | S   | 1167.01 | 4476.06 | 41.7 | 1680.0 | 0.0087 | 0.10 |
| 26     | S   | 1167.01 | 4545.87 | 41.7 | 1680.0 | 0.0093 | 0.09 |

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

|     |  |
|-----|--|
| Ver | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata |
|-----|--|

**MANDATARIA**

**MANDANTE**

|                |  |
|----------------|--|
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]                        |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)                      |
| Sf min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]                                 |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)                    |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 3.22   | 50.0   | 0.0    | -26.7  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 2      | S   | 3.22   | 50.0   | 0.0    | -26.7  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 3      | S   | 3.22   | 50.0   | 0.0    | -26.7  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 4      | S   | 3.22   | 50.0   | 0.0    | -26.7  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 5      | S   | 3.22   | 50.0   | 0.0    | -26.7  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 6      | S   | 3.22   | 50.0   | 0.0    | -26.7  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 7      | S   | 3.22   | 50.0   | 0.0    | -26.7  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 8      | S   | 3.22   | 50.0   | 0.0    | -26.7  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 9      | S   | 3.22   | 50.0   | 0.0    | -26.7  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 10     | S   | 1.26   | 50.0   | 0.0    | -9.6   | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.73   | 50.0   | 0.0    | -22.4  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 2      | S   | 2.73   | 50.0   | 0.0    | -22.4  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 3      | S   | 2.73   | 50.0   | 0.0    | -22.4  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 4      | S   | 2.73   | 50.0   | 0.0    | -22.4  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 5      | S   | 2.73   | 50.0   | 0.0    | -22.4  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 6      | S   | 2.73   | 50.0   | 0.0    | -22.4  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 7      | S   | 2.73   | 50.0   | 0.0    | -22.4  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 8      | S   | 2.73   | 50.0   | 0.0    | -22.4  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 9      | S   | 2.73   | 50.0   | 0.0    | -22.4  | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |
| 10     | S   | 1.26   | 50.0   | 0.0    | -9.6   | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

|             |  |
|-------------|--|
| Ver.        | La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera $f_{ctm}$ in almeno una combinazione |
| e1          | Esito della verifica   |
| e2          | Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata   |
| k1          | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff       |
| kt          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  |
| k2          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]   |
| k3          | = (e1 + e2)/(2*e1) [eq.(7.13)EC2]  |
| k4          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Ø           | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Cf          | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]                             |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  |
| sr max      | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]                                  |
| wk          | Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  |
| Mx fess.    | Massima distanza tra le fessure [mm]   |
| My fess.    | Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi            |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]  |

| Comb. | Ver | e1      | e2      | k2  | Ø   | Cf  | e sm - e cm | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|---------|---------|-----|-----|-----|-------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | ---         | ---    | 0.000 (0.30) | 0.00    | 2721.38 |
| 2     | S   | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | ---         | ---    | 0.000 (0.30) | 0.00    | 2721.38 |
| 3     | S   | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | ---         | ---    | 0.000 (0.30) | 0.00    | 2721.38 |
| 4     | S   | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | ---         | ---    | 0.000 (0.30) | 0.00    | 2721.38 |

MANDATARIA

MANDANTE



Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

|    |   |         |         |     |     |     |     |     |              |      |         |
|----|---|---------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|------|---------|
| 5  | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.30) | 0.00 | 2721.38 |
| 6  | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.30) | 0.00 | 2721.38 |
| 7  | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.30) | 0.00 | 2721.38 |
| 8  | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.30) | 0.00 | 2721.38 |
| 9  | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.30) | 0.00 | 2721.38 |
| 10 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.30) | 0.00 | 2798.24 |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.26   | 50.0   | 0.0    | -9.6   | 8.3    | 1661.7 | ---     | ---     |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

| Comb. | Ver | e1      | e2      | k2  | Ø   | Cf  | e sm - e cm | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|---------|---------|-----|-----|-----|-------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | ---         | ---    | 0.000 (0.20) | 0.00    | 2798.24 |

**4.8.2 Muro frontale**

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 1.90 x16.80m

Armatura verticale

$A_s = \phi 26/10 + \phi 26/10$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 26/10$  (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 20/20 + \phi 20/20$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 20/20$  (lato esterno)

Per la verifica a taglio della sezione si considera l'area di ferro necessaria, come indicata dal codice di calcolo, e si assegna una armatura equivalente; in particolare si utilizzeranno:

Spille 9 $\phi$ 12/mq.

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                               |                                |                     |
|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                | Classe:                        | C32/40              |
|                               | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.800 MPa          |
|                               | Resis. compr. ridotta fcd':    | 9.400 MPa           |
|                               | Def.unit. max resistenza ec2:  | 0.0020              |
|                               | Def.unit. ultima ecu:          | 0.0035              |
|                               | Diagramma tensione-deformaz.:  | Parabola-Rettangolo |
|                               | Modulo Elastico Normale Ec:    | 33643.0 MPa         |
| Resis. media a trazione fctm: | 3.100 MPa                      |                     |

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

|                  |  |                  |                     |
|------------------|--|------------------|---------------------|
|                  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00            |                     |
|                  | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00            |                     |
|                  | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 199.20           | daN/cm <sup>2</sup> |
|                  | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300            | mm                  |
|                  | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 0.00             | Mpa                 |
|                  | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200            | mm                  |
| <b>ACCIAIO -</b> | Tipo:  | B450C            |                     |
|                  | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.00           | MPa                 |
|                  | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.00           | MPa                 |
|                  | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.30           | MPa                 |
|                  | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.30           | MPa                 |
|                  | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068            |                     |
|                  | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000          | daN/cm <sup>2</sup> |
|                  | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito |                     |
|                  | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00             |                     |
|                  | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50             |                     |
|                  | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                         | 360.00           | MPa                 |

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

|                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale            |
| Classe Conglomerato: | C32/40                |
| N°vertice:           | X [cm]      Y [cm]    |
| 1                    | 0.0            0.0    |
| 2                    | 0.0            1680.0 |
| 3                    | 190.0        1680.0   |
| 4                    | 190.0        0.0      |

**DATI BARRE ISOLATE**

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | 9.0    | 9.0    | 26        |
| 2       | 9.0    | 1671.0 | 26        |
| 3       | 181.0  | 1671.0 | 26        |
| 4       | 181.0  | 9.0    | 26        |
| 5       | 14.0   | 9.0    | 26        |
| 6       | 14.0   | 1671.0 | 26        |

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

|              |   |              |         |    |
|--------------|---|--------------|---------|----|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |              |         |    |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |              |         |    |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |              |         |    |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |              |         |    |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |              |         |    |
| N°Gen.       | N°Barra Ini.  | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
| 1            | 1   | 2            | 166     | 26 |
| 2            | 3   | 4            | 166     | 26 |
| 3            | 5   | 6            | 166     | 26 |

**ARMATURE A TAGLIO**

**MANDATARIA**



**MANDANTE**



**ICARIA**  
società di ingegneri

Diametro staffe: 10 mm  
Passo staffe: 2.1 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

|         | N   | Mx       | My       | Vy      | Vx       |
|---------|---|----------|----------|---------|----------|
| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)   |          |          |         |          |
| Mx      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |          |          |         |          |
| My      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |          |          |         |          |
| Vy      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y   |          |          |         |          |
| Vx      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x   |          |          |         |          |
| N°Comb. | N   | Mx       | My       | Vy      | Vx       |
| 1       | 17134.52  | 6248.79  | 40188.13 | 588.82  | 10989.19 |
| 2       | 16574.27  | 10359.54 | 40048.07 | 588.82  | 10989.19 |
| 3       | 14061.92  | 4599.76  | 39419.98 | 588.82  | 10989.19 |
| 4       | 16366.37  | 5836.53  | 51477.84 | 588.82  | 12204.19 |
| 5       | 15946.18  | 8919.59  | 51372.80 | 588.82  | 12204.19 |
| 6       | 14061.92  | 4599.76  | 39419.98 | 588.82  | 10989.19 |
| 7       | 16366.37  | 7584.31  | 39996.09 | 773.77  | 10989.19 |
| 8       | 15946.18  | 10667.37 | 39891.05 | 773.77  | 10989.19 |
| 9       | 14061.92  | 4599.76  | 39419.98 | 588.82  | 10989.19 |
| 10      | 14061.92  | 4937.13  | 39419.98 | 624.52  | 10989.19 |
| 11      | 13366.50  | 5791.06  | 30224.37 | 517.85  | 7978.07  |
| 12      | 12806.25  | 9901.81  | 30084.31 | 517.85  | 7978.07  |
| 13      | 10293.90  | 4142.04  | 29456.22 | 517.85  | 7978.07  |
| 14      | 12598.35  | 5378.81  | 41514.09 | 517.85  | 9193.07  |
| 15      | 12598.35  | 5378.81  | 41514.09 | 517.85  | 9193.07  |
| 16      | 12178.16  | 8461.87  | 41409.04 | 517.85  | 9193.07  |
| 17      | 10293.90  | 4142.04  | 29456.22 | 517.85  | 7978.07  |
| 18      | 12598.35  | 7126.59  | 30032.34 | 702.80  | 7978.07  |
| 19      | 12178.16  | 10209.65 | 29927.29 | 702.80  | 7978.07  |
| 20      | 10293.90  | 4142.04  | 20635.77 | 517.85  | 6130.85  |
| 21      | 10695.38  | 3180.38  | 47904.56 | 645.98  | 11951.20 |
| 22      | 9892.42   | 3180.38  | 47848.02 | 645.98  | 11951.20 |
| 23      | 11067.58  | 9335.27  | 26017.56 | 1811.96 | 6613.55  |
| 24      | 10264.62  | 9335.27  | 25961.02 | 1811.96 | 6613.55  |
| 25      | 12087.37  | 3683.61  | 26104.27 | 673.38  | 6613.55  |
| 26      | 9410.83   | 3683.61  | 25915.81 | 673.38  | 6613.55  |

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

|         | N  | Mx      | My       |
|---------|--|---------|----------|
| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  |         |          |
| Mx      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |         |          |
| My      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |         |          |
| N°Comb. | N  | Mx      | My       |
| 1       | 10293.90   | 3778.80 | 26468.83 |
| 2       | 12569.90   | 4339.91 | 27556.80 |
| 3       | 12154.90   | 7384.91 | 27453.05 |
| 4       | 10293.90   | 3118.41 | 26987.80 |

**MANDATARIA**



**MANDANTE**



**ICARIA**  
società di ingegneri

|    |          |         |          |
|----|----------|---------|----------|
| 5  | 12000.90 | 4034.53 | 35919.55 |
| 6  | 11689.65 | 6318.28 | 35841.74 |
| 7  | 10293.90 | 3118.41 | 26987.80 |
| 8  | 12000.90 | 5329.18 | 27414.55 |
| 9  | 11689.65 | 7612.93 | 27336.74 |
| 10 | 10293.90 | 3118.41 | 20454.13 |

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

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N        | Mx                | My                  |
|---------|----------|-------------------|---------------------|
| 1       | 12000.90 | 2220.80 (4266.41) | 25651.39 (49279.28) |
| 2       | 11689.65 | 4504.55 (8522.10) | 25573.58 (48382.33) |
| 3       | 10293.90 | 1304.67 (2501.79) | 25224.64 (48369.82) |
| 4       | 11574.15 | 1991.77 (2959.18) | 31923.45 (47428.81) |
| 5       | 11340.71 | 3704.58 (5455.03) | 31865.10 (46921.65) |
| 6       | 10293.90 | 1304.67 (2501.79) | 25224.64 (48369.82) |
| 7       | 11574.15 | 2962.76 (5655.32) | 25544.70 (48759.81) |
| 8       | 11340.71 | 4675.57 (8823.16) | 25486.35 (48094.72) |
| 9       | 10293.90 | 1304.67 (2501.79) | 25224.64 (48369.82) |
| 10      | 10293.90 | 1297.23 (3282.70) | 19935.16 (50446.87) |

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

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N        | Mx                | My                  |
|---------|----------|-------------------|---------------------|
| 1       | 10293.90 | 1434.42 (2543.24) | 26987.80 (47849.70) |

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

|  |        |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 7.7 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 2.4 cm |
| Copriferro netto minimo staffe:              | 6.7 cm |

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

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |

Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb        | Ver | N        | Mx       | My       | N Res    | Mx Res   | My Res    | Mis.Sic. | As Totale |
|---------------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|
| 1             | S   | 17134.52 | 6248.79  | 40188.13 | 17134.68 | 20678.63 | 133175.76 | 3.28     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 2             | S   | 16574.27 | 10359.54 | 40048.07 | 16574.18 | 33503.60 | 132615.96 | 3.27     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 3             | S   | 14061.92 | 4599.76  | 39419.98 | 14061.89 | 15149.26 | 130775.51 | 3.28     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 4             | S   | 16366.37 | 5836.53  | 51477.84 | 16366.61 | 15252.51 | 132614.90 | 2.56     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 5             | S   | 15946.18 | 8919.59  | 51372.80 | 15946.26 | 22939.63 | 132214.08 | 2.55     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 6             | S   | 14061.92 | 4599.76  | 39419.98 | 14061.89 | 15149.26 | 130775.51 | 3.28     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 7             | S   | 16366.37 | 7584.31  | 39996.09 | 16366.11 | 24875.81 | 132534.46 | 3.28     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 8             | S   | 15946.18 | 10667.37 | 39891.05 | 15946.17 | 34769.52 | 132107.57 | 3.27     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 9             | S   | 14061.92 | 4599.76  | 39419.98 | 14061.89 | 15149.26 | 130775.51 | 3.28     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 10            | S   | 14061.92 | 4937.13  | 39419.98 | 14062.18 | 15776.21 | 130768.44 | 3.28     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 11            | S   | 13366.50 | 5791.06  | 30224.37 | 13366.52 | 24559.56 | 130140.85 | 4.25     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 12            | S   | 12806.25 | 9901.81  | 30084.31 | 12806.35 | 41948.28 | 129555.42 | 4.25     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 13            | S   | 10293.90 | 4142.04  | 29456.22 | 10293.65 | 17507.69 | 127693.48 | 4.29     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 14            | S   | 12598.35 | 5378.81  | 41514.09 | 12598.23 | 16437.46 | 129582.60 | 3.10     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 15            | S   | 12598.35 | 5378.81  | 41514.09 | 12598.23 | 16437.46 | 129582.60 | 3.10     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 16            | S   | 12178.16 | 8461.87  | 41409.04 | 12178.18 | 26088.08 | 129175.15 | 3.09     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 17            | S   | 10293.90 | 4142.04  | 29456.22 | 10293.65 | 17507.69 | 127693.48 | 4.29     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 18            | S   | 12598.35 | 7126.59  | 30032.34 | 12598.50 | 30071.67 | 129483.58 | 4.25     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 19            | S   | 12178.16 | 10209.65 | 29927.29 | 12178.23 | 43233.22 | 129042.43 | 4.26     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 20            | S   | 10293.90 | 4142.04  | 20635.77 | 10294.01 | 25157.54 | 127654.10 | 6.08     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 21            | S   | 10695.38 | 3180.38  | 47904.56 | 10695.46 | 9008.53  | 128084.64 | 2.66     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 22            | S   | 9892.42  | 3180.38  | 47848.02 | 9892.49  | 8161.48  | 127439.56 | 2.65     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 23            | S   | 11067.58 | 9335.27  | 26017.56 | 11067.60 | 45469.27 | 128131.81 | 4.86     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 24            | S   | 10264.62 | 9335.27  | 25961.02 | 10264.88 | 45817.00 | 127483.29 | 4.86     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 25            | S   | 12087.37 | 3683.61  | 26104.27 | 12087.41 | 17598.01 | 129158.43 | 4.87     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |
| 26            | S   | 9410.83  | 3683.61  | 25915.81 | 9410.70  | 17840.17 | 126969.66 | 4.84     |           |
| 2675.9(957.6) |     |          |          |          |          |          |           |          |           |

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| Xc max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| Yc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| es min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Xs min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Ys min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| es max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Xs max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Ys max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
|        | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00211 | 181.0  | 1671.0 | -0.02483 | 9.0    | 9.0    |
| 2      | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00219 | 181.0  | 1671.0 | -0.02351 | 9.0    | 9.0    |
| 3      | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00199 | 181.0  | 1671.0 | -0.02706 | 9.0    | 9.0    |
| 4      | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00205 | 181.0  | 1671.0 | -0.02597 | 9.0    | 9.0    |
| 5      | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00210 | 181.0  | 1671.0 | -0.02508 | 9.0    | 9.0    |
| 6      | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00199 | 181.0  | 1671.0 | -0.02706 | 9.0    | 9.0    |
| 7      | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00213 | 181.0  | 1671.0 | -0.02460 | 9.0    | 9.0    |
| 8      | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00218 | 181.0  | 1671.0 | -0.02363 | 9.0    | 9.0    |
| 9      | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00199 | 181.0  | 1671.0 | -0.02706 | 9.0    | 9.0    |
| 10     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00200 | 181.0  | 1671.0 | -0.02699 | 9.0    | 9.0    |
| 11     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00205 | 181.0  | 1671.0 | -0.02606 | 9.0    | 9.0    |
| 12     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00217 | 181.0  | 1671.0 | -0.02406 | 9.0    | 9.0    |
| 13     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00193 | 181.0  | 1671.0 | -0.02832 | 9.0    | 9.0    |
| 14     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00197 | 181.0  | 1671.0 | -0.02751 | 9.0    | 9.0    |
| 15     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00197 | 181.0  | 1671.0 | -0.02751 | 9.0    | 9.0    |
| 16     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00204 | 181.0  | 1671.0 | -0.02636 | 9.0    | 9.0    |
| 17     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00193 | 181.0  | 1671.0 | -0.02832 | 9.0    | 9.0    |
| 18     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00208 | 181.0  | 1671.0 | -0.02565 | 9.0    | 9.0    |
| 19     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00216 | 181.0  | 1671.0 | -0.02417 | 9.0    | 9.0    |
| 20     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00199 | 181.0  | 1671.0 | -0.02731 | 9.0    | 9.0    |
| 21     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00187 | 181.0  | 1671.0 | -0.02946 | 9.0    | 9.0    |
| 22     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00184 | 181.0  | 1671.0 | -0.02990 | 9.0    | 9.0    |
| 23     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00215 | 181.0  | 1671.0 | -0.02437 | 9.0    | 9.0    |
| 24     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00214 | 181.0  | 1671.0 | -0.02467 | 9.0    | 9.0    |
| 25     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00197 | 181.0  | 1671.0 | -0.02757 | 9.0    | 9.0    |
| 26     | 0.00350 | 190.0  | 1680.0 | 0.00192 | 181.0  | 1671.0 | -0.02863 | 9.0    | 9.0    |

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

|         |   |
|---------|---|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.    |
| x/d     | Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid.  | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue               |

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d  | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|------|--------|
| 1      | 0.000154132 | 0.000000258 | -0.026219011 | ---- | ----   |
| 2      | 0.000145450 | 0.000000408 | -0.024821856 | ---- | ----   |
| 3      | 0.000167252 | 0.000000171 | -0.028565034 | ---- | ----   |
| 4      | 0.000161162 | 0.000000180 | -0.027423307 | ---- | ----   |
| 5      | 0.000155348 | 0.000000278 | -0.026483311 | ---- | ----   |
| 6      | 0.000167252 | 0.000000171 | -0.028565034 | ---- | ----   |
| 7      | 0.000152385 | 0.000000313 | -0.025978745 | ---- | ----   |
| 8      | 0.000146035 | 0.000000419 | -0.024950374 | ---- | ----   |
| 9      | 0.000167252 | 0.000000171 | -0.028565034 | ---- | ----   |

MANDATARIA

MANDANTE

|    |             |             |              |      |      |
|----|-------------|-------------|--------------|------|------|
| 10 | 0.000166811 | 0.000000176 | -0.028490549 | ---- | ---- |
| 11 | 0.000160662 | 0.000000285 | -0.027505317 | ---- | ---- |
| 12 | 0.000147687 | 0.000000493 | -0.025389335 | ---- | ---- |
| 13 | 0.000173994 | 0.000000194 | -0.029885228 | ---- | ---- |
| 14 | 0.000169634 | 0.000000181 | -0.029035086 | ---- | ---- |
| 15 | 0.000169634 | 0.000000181 | -0.029035086 | ---- | ---- |
| 16 | 0.000162163 | 0.000000302 | -0.027818200 | ---- | ---- |
| 17 | 0.000173994 | 0.000000194 | -0.029885228 | ---- | ---- |
| 18 | 0.000157804 | 0.000000353 | -0.027075967 | ---- | ---- |
| 19 | 0.000148192 | 0.000000504 | -0.025503721 | ---- | ---- |
| 20 | 0.000167586 | 0.000000287 | -0.028822682 | ---- | ---- |
| 21 | 0.000181350 | 0.000000079 | -0.031088977 | ---- | ---- |
| 22 | 0.000183844 | 0.000000074 | -0.031554554 | ---- | ---- |
| 23 | 0.000149149 | 0.000000525 | -0.025720388 | ---- | ---- |
| 24 | 0.000150754 | 0.000000528 | -0.026030117 | ---- | ---- |
| 25 | 0.000169863 | 0.000000193 | -0.029098604 | ---- | ---- |
| 26 | 0.000175662 | 0.000000199 | -0.030210035 | ---- | ---- |

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 2.1 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

| N°Comb | Ver | Ved      | Vcd      | Vwd           | d   z | bw     | Ctg   | Acw   | Ast  | A.Eff     |
|--------|-----|----------|----------|---------------|-------|--------|-------|-------|------|-----------|
| 1      | S   | 10990.16 | 96624.39 | 12620.93181.5 | 172.5 | 1680.3 | 2.500 | 1.029 | 65.1 | 74.8(0.0) |
| 2      | S   | 10990.80 | 96452.08 | 12608.41181.3 | 172.3 | 1680.5 | 2.500 | 1.028 | 65.2 | 74.8(0.0) |
| 3      | S   | 10989.78 | 96410.94 | 12656.95182.0 | 173.0 | 1680.2 | 2.500 | 1.023 | 64.9 | 74.8(0.0) |
| 4      | S   | 12204.84 | 96614.75 | 12636.16181.7 | 172.7 | 1680.2 | 2.500 | 1.027 | 72.2 | 74.8(0.0) |
| 5      | S   | 12205.22 | 96500.77 | 12628.94181.6 | 172.6 | 1680.3 | 2.500 | 1.027 | 72.3 | 74.8(0.0) |
| 6      | S   | 10989.78 | 96410.94 | 12656.95182.0 | 173.0 | 1680.2 | 2.500 | 1.023 | 64.9 | 74.8(0.0) |
| 7      | S   | 10990.75 | 96520.88 | 12622.61181.5 | 172.5 | 1680.4 | 2.500 | 1.027 | 65.1 | 74.8(0.0) |
| 8      | S   | 10991.36 | 96385.35 | 12612.49181.4 | 172.4 | 1680.5 | 2.500 | 1.027 | 65.2 | 74.8(0.0) |
| 9      | S   | 10989.78 | 96410.94 | 12656.95182.0 | 173.0 | 1680.2 | 2.500 | 1.023 | 64.9 | 74.8(0.0) |
| 10     | S   | 10989.84 | 96405.68 | 12656.21182.0 | 173.0 | 1680.2 | 2.500 | 1.023 | 65.0 | 74.8(0.0) |
| 11     | S   | 7978.98  | 96260.03 | 12650.43181.9 | 172.9 | 1680.3 | 2.500 | 1.022 | 47.2 | 74.8(0.0) |
| 12     | S   | 7979.76  | 95985.19 | 12631.69181.6 | 172.6 | 1679.6 | 2.500 | 1.021 | 47.3 | 74.8(0.0) |
| 13     | S   | 7978.64  | 96017.72 | 12683.01182.3 | 173.3 | 1680.2 | 2.500 | 1.017 | 47.1 | 74.8(0.0) |
| 14     | S   | 9193.62  | 96255.79 | 12666.70182.1 | 173.1 | 1680.2 | 2.500 | 1.021 | 54.3 | 74.8(0.0) |
| 15     | S   | 9193.62  | 96255.79 | 12666.70182.1 | 173.1 | 1680.2 | 2.500 | 1.021 | 54.3 | 74.8(0.0) |
| 16     | S   | 9194.02  | 96135.16 | 12658.42182.0 | 173.0 | 1680.3 | 2.500 | 1.020 | 54.3 | 74.8(0.0) |
| 17     | S   | 7978.64  | 96017.72 | 12683.01182.3 | 173.3 | 1680.2 | 2.500 | 1.017 | 47.1 | 74.8(0.0) |
| 18     | S   | 7979.62  | 96142.83 | 12650.25181.9 | 172.9 | 1680.4 | 2.500 | 1.021 | 47.2 | 74.8(0.0) |

MANDATARIA

MANDANTE

|    |   |          |          |          |       |       |        |       |       |      |           |
|----|---|----------|----------|----------|-------|-------|--------|-------|-------|------|-----------|
| 19 | S | 7980.42  | 95916.27 | 12635.54 | 181.7 | 172.7 | 1679.6 | 2.500 | 1.020 | 47.2 | 74.8(0.0) |
| 20 | S | 6131.73  | 95964.15 | 12675.12 | 182.2 | 173.2 | 1680.3 | 2.500 | 1.017 | 36.2 | 74.8(0.0) |
| 21 | S | 11951.48 | 96127.49 | 12690.11 | 182.4 | 173.4 | 1680.1 | 2.500 | 1.018 | 70.4 | 74.8(0.0) |
| 22 | S | 11951.46 | 96052.62 | 12696.97 | 182.5 | 173.5 | 1680.1 | 2.500 | 1.016 | 70.4 | 74.8(0.0) |
| 23 | S | 6619.88  | 95797.42 | 12642.77 | 181.8 | 172.8 | 1679.6 | 2.500 | 1.018 | 39.2 | 74.8(0.0) |
| 24 | S | 6619.85  | 95723.51 | 12649.64 | 181.9 | 172.9 | 1679.6 | 2.500 | 1.017 | 39.1 | 74.8(0.0) |
| 25 | S | 6614.31  | 96195.33 | 12669.21 | 182.1 | 173.1 | 1680.2 | 2.500 | 1.020 | 39.1 | 74.8(0.0) |
| 26 | S | 6614.30  | 95924.28 | 12689.00 | 182.4 | 173.4 | 1680.2 | 2.500 | 1.016 | 39.0 | 74.8(0.0) |

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

|                |   |
|----------------|---|
| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata                                  |
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]           |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)         |
| Sf min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]                    |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)       |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.44   | 190.0  | 1680.0 | -23.1  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 2      | S   | 2.60   | 190.0  | 1680.0 | -23.4  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 3      | S   | 2.61   | 190.0  | 1680.0 | -23.9  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 4      | S   | 2.47   | 190.0  | 1680.0 | -23.5  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 5      | S   | 3.24   | 190.0  | 1680.0 | -31.9  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 6      | S   | 3.24   | 190.0  | 1680.0 | -32.3  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 7      | S   | 2.47   | 190.0  | 1680.0 | -23.5  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 8      | S   | 2.58   | 190.0  | 1680.0 | -23.6  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 9      | S   | 2.59   | 190.0  | 1680.0 | -24.0  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 10     | S   | 1.96   | 190.0  | 1680.0 | -17.0  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.41   | 190.0  | 1680.0 | -21.4  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 2      | S   | 2.42   | 190.0  | 1680.0 | -21.8  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 3      | S   | 2.31   | 190.0  | 1680.0 | -21.5  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 4      | S   | 2.89   | 190.0  | 1680.0 | -27.8  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 5      | S   | 2.89   | 190.0  | 1680.0 | -28.1  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 6      | S   | 2.31   | 190.0  | 1680.0 | -21.5  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 7      | S   | 2.39   | 190.0  | 1680.0 | -21.5  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 8      | S   | 2.40   | 190.0  | 1680.0 | -21.8  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 9      | S   | 2.31   | 190.0  | 1680.0 | -21.5  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |
| 10     | S   | 1.90   | 190.0  | 1680.0 | -16.2  | 9.0    | 9.0    | ---     | ---     |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

|      |  |
|------|--|
| Ver. | La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera $f_{ctm}$ in almeno una combinazione |
| e1   | Esito della verifica   |
| e2   | Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata   |
| k1   | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff       |
| kt   | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  |
| k2   | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]   |
| k3   | = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]  |
| k4   | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Ø    | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Ø    | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]                             |



Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

|             |  |
|-------------|--|
| Cf          | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]<br>Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max      | Massima distanza tra le fessure [mm]   |
| wk          | Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  |
| Mx fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  |
| My fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]  |

| Comb. | Ver | e1      | e2      | k2   | Ø    | Cf   | e sm - e cm | sr max | wk           | Mx fess | My fess  |
|-------|-----|---------|---------|------|------|------|-------------|--------|--------------|---------|----------|
| 1     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 4266.41 | 49279.28 |
| 2     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 8522.10 | 48382.33 |
| 3     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 2501.79 | 48369.82 |
| 4     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 2959.18 | 47428.81 |
| 5     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 5455.03 | 46921.65 |
| 6     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 2501.79 | 48369.82 |
| 7     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 5655.32 | 48759.81 |
| 8     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 8823.16 | 48094.72 |
| 9     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 2501.79 | 48369.82 |
| 10    | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.30) | 3282.70 | 50446.87 |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.45   | 190.0  | 1680.0 | -23.3  | 9.0    | 9.0    | ----    | ----    |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

| Comb. | Ver | e1      | e2      | k2   | Ø    | Cf   | e sm - e cm | sr max | wk           | Mx fess | My fess  |
|-------|-----|---------|---------|------|------|------|-------------|--------|--------------|---------|----------|
| 1     | S   | 0.00000 | 0.00000 | ---- | ---- | ---- | ----        | ----   | 0.000 (0.20) | 2543.24 | 47849.70 |

**4.8.3 Zattera di fondazione**

Per la valutazione delle sollecitazioni nel plinto di fondazione, è necessario valutare preventivamente le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione. Tali sollecitazioni sono state valutate mediante una ripartizione rigida delle sollecitazioni agenti a base plinto.

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{max} = 5901 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{max} = 1080 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$N_{max} = 4713 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{max} = 1076 \text{ kN (CC. SLV)}$$

#### - Unghia anteriore platea fondazione

Il tacco anteriore del plinto di fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo anteriore del muro frontale, mediante una diffusione a 45° a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a 0.2 dp (con dp altezza utile della sezione del plinto).

La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.

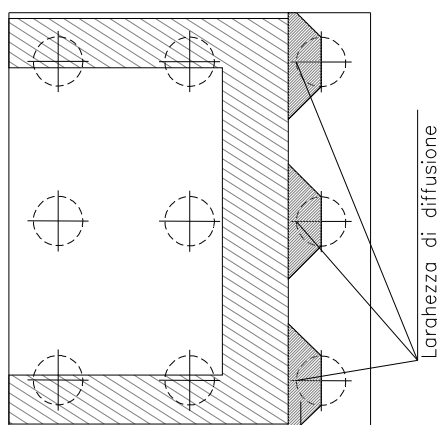
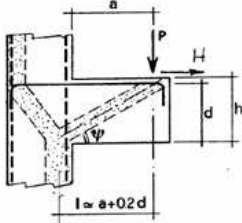


Figura 4.5. Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale n° 7/19.

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



**P,H : Carichi Esterni di Progetto (P<sub>Ed</sub>,H<sub>Ed</sub>)**

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica**

$$P_R = P_{Rk} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \geq 1 / (0,9d)$$

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rk}$$

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

- 1  $P_R \geq P_{Ed}$
- 2  $P_{Rc} \geq P_{Rk}$

**Dati di progetto**

|                        |                |    |  |
|------------------------|----------------|----|--|
| b(m)=                  | <b>3.00</b>    | m  | dimensione trasversale verifica  |
| P <sub>Ed</sub> (KN) = | <b>5901.00</b> | KN | Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b                |
| H <sub>Ed</sub> (KN) = | <b>1080.00</b> | KN | Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b              |
| a(m) =                 | <b>1.05</b>    | m  | distanza P da incastro   |
| h(m) =                 | <b>1.80</b>    | m  | spessore mensola   |
| δ(m) =                 | <b>0.12</b>    | m  | copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione |
| d(m) =                 | <b>1.68</b>    | m  | altezza utile  |
| l(m) =                 | <b>1.39</b>    | m  | a+0,2d   |
| λ =                    | <b>0.92</b>    |    | λ=ctgψ≥1/(0,9d).   |

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

c(m) = **1.00**

**Caratteristiche Materiali**

|                   |              |     |              |
|-------------------|--------------|-----|--------------|
| f <sub>cd</sub> = | <b>14.1</b>  | MPa | Calcestruzzo |
| f <sub>yd</sub> = | <b>391.0</b> | MPa | Acciaio      |

**Caratteristiche Armature di Progetto**

|                                       |               |            |             |   |                 |   |                 |
|---------------------------------------|---------------|------------|-------------|---|-----------------|---|-----------------|
| <b>Registro tipo</b>                  | <b>R1</b>     |            |             |   |                 |   |                 |
| n° R1 =                               | <b>1</b>      | φ1(mm) =   | <b>22.0</b> | p1(cm) =                                | <b>10.0</b>     | θ1° =                                   | <b>0.0</b>      |
| A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) = | <b>380.13</b> | nb tot 1 = | <b>30.0</b> | A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) = | <b>11403.97</b> | A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) = | <b>11403.97</b> |
| <b>Registro tipo</b>                  | <b>R2</b>     |            |             |   |                 |   |                 |
| n° R2 =                               | <b>1</b>      | φ2(mm) =   | <b>22.0</b> | p2(cm) =                                | <b>10.0</b>     | θ2° =                                   | <b>0.0</b>      |
| A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) = | <b>380.13</b> | nb tot 2 = | <b>30.0</b> | A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) = | <b>11403.97</b> | A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) = | <b>11403.97</b> |
| <b>Registro tipo</b>                  | <b>R3</b>     |            |             |   |                 |   |                 |
| n° R3 =                               | <b>0</b>      | φ3(mm) =   | <b>24.0</b> | p3(cm) =                                | <b>10.0</b>     | θ3° =                                   | <b>0.0</b>      |
| A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) = | <b>452.39</b> | nb tot 3 = | <b>0.0</b>  | A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) = | <b>0.00</b>     | A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) = | <b>0.00</b>     |

**Verifiche di resistenza**

|                   |                |     |   |                                |   |
|-------------------|----------------|-----|---|--------------------------------|---|
| Ψ =               | <b>0.829</b>   | rad | = | <b>47.49</b>                   | ° |
| P <sub>Rs</sub> = | <b>8550.4</b>  | KN  |   | PRs>PEd- Verifica Soddisfatta  |   |
| P <sub>Rc</sub> = | <b>15446.4</b> | KN  |   | PRc>PRs - Verifica Soddisfatta |   |

MANDATARIA



MANDANTE



**ICARIA**  
società di ingegneria

**- Lato posteriore della platea di fondazione**

La parte posteriore del plinto di fondazione è stata verificata ipotizzando uno schema statico di trave incastrata caricata da forze assiali in corrispondenza dei pali di fondazione. Si riporta di seguito la verifica.

La verifica è stata eseguita in corrispondenza dell'incastro tra muro frontale e platea.

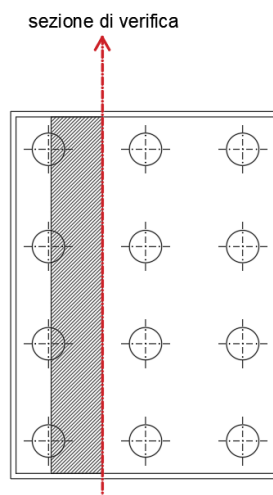


Figura 4.6. sezione di verifica

Lo schema statico è quello di mensola incastrata, caricata con due carichi assiali in corrispondenza dei pali più caricati.

| Palo | N    |
|------|------|
| n°   | kN   |
| 2    | 4043 |
| 3    | 2450 |

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

|                |                                 |                     |                     |
|----------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                         | C32/40              |                     |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:  | 18.8                | MPa                 |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:   | 0.0020              |                     |
|                | Def.unit. ultima ecu:           | 0.0035              |                     |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:   | Parabola-Rettangolo |                     |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:     | 33643.0             | MPa                 |
|                | Resis. media a trazione fctm:   | 3.10                | MPa                 |
| ACCIAIO -      | Tipo:                           | B450C               |                     |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:   | 450.0               | MPa                 |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:    | 450.0               | MPa                 |
|                | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.3               | MPa                 |
|                | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.3               | MPa                 |
|                | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068               |                     |
|                | Modulo Elastico Ef              | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |

MANDATARIA

MANDANTE

Diagramma tensione-deformaz.:

Bilineare finito

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40     |        |
| N°vertice:           | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | 0.0        | 0.0    |
| 2                    | 0.0        | 180.0  |
| 3                    | 360.0      | 180.0  |
| 4                    | 360.0      | 0.0    |

**DATI BARRE ISOLATE**

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | 6.2    | 6.2    | 26        |
| 2       | 6.2    | 173.8  | 26        |
| 3       | 353.8  | 173.8  | 26        |
| 4       | 353.8  | 6.2    | 26        |
| 5       | 353.8  | 160.0  | 26        |
| 6       | 6.2    | 160.0  | 26        |

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

|              |   |  |  |  |
|--------------|---|--|--|--|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |  |  |  |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |  |  |  |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |  |  |  |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |  |  |  |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |  |  |  |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 34      | 26 |
| 2      | 2            | 3            | 34      | 26 |
| 3      | 5            | 6            | 34      | 26 |

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

|         |   |           |      |
|---------|---|-----------|------|
| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)   |           |      |
| Mx      | Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. |           |      |
| Vy      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate   |           |      |
| N°Comb. | N   | Mx        | Vy   |
| 1       | 0.00  | -19209.00 | 0.00 |

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|  |        |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 4.9 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 7.3 cm |

**MANDATARIA**



**MANDANTE**



**ICARIA**  
società di ingegneri

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

|          | Ver  | N    | Mx        | N Res | Mx Res    | Mis.Sic. | As Tesa      |
|----------|--|------|-----------|-------|-----------|----------|--------------|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |      |           |       |           |          |              |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)   |      |           |       |           |          |              |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |      |           |       |           |          |              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |      |           |       |           |          |              |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  |      |           |       |           |          |              |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |      |           |       |           |          |              |
| As Tesa  | Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]                                |      |           |       |           |          |              |
| N°Comb   | Ver  | N    | Mx        | N Res | Mx Res    | Mis.Sic. | As Tesa      |
| 1        | S  | 0.00 | -19209.00 | 0.00  | -24071.74 | 1.25     | 382.3(112.1) |

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

|        | ec max   | x/d   | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|--|-------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |       |        |        |         |        |        |          |        |        |
| N°Comb | ec max   | x/d   | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
| 1      | 0.00350  | 0.080 | 0.0    | 0.0    | 0.00193 | 6.2    | 6.2    | -0.04048 | 353.8  | 173.8  |

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

|         | a, b, c   | x/d          | C.Rid.      |       |        |
|---------|---|--------------|-------------|-------|--------|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.      |              |             |       |        |
| x/d     | Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |              |             |       |        |
| C.Rid.  | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue               |              |             |       |        |
| N°Comb  | a   | b            | c           | x/d   | C.Rid. |
| 1       | 0.000000000   | -0.000253068 | 0.003500000 | 0.080 | 0.700  |

#### 4.8.4 Palo di fondazione

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione.

Il momento flettente agente in testa palo viene derivato dal taglio in testa palo nell'ipotesi di elasticità lineare sia per il palo che per il terreno. Risulta

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 2.70$  (vedi relazione geotecnica)

| Nz,A<br>[kN] | Mxx<br>[kNm] | Ty,A<br>[kN] |
|--------------|--------------|--------------|
| 5901         | 2916         | 1080         |
| 965          | 2916         | 1080         |
| 4713         | 2906         | 1076         |
| 198          | 2906         | 1076         |

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\phi 120$  cm

As = 32+32  $\phi 26$  staffe  $\phi 12/20$

La lunghezza del palo è pari a L = 45.00m.

Per le considerazioni di dettaglio riguardanti portanza e carico limite sui pali di fondazione si rimanda alla relazione geotecnica allegata al progetto.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                               |   |                     |                     |
|-------------------------------|---|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                | Classe:                                   | C25/30              |                     |
|                               | Resis. compr. di progetto fcd:            | 14.160              | MPa                 |
|                               | Resis. compr. ridotta fcd':               | 7.080               | MPa                 |
|                               | Def.unit. max resistenza ec2:             | 0.0020              |                     |
|                               | Def.unit. ultima ecu:                     | 0.0035              |                     |
|                               | Diagramma tensione-deformaz.:             | Parabola-Rettangolo |                     |
|                               | Modulo Elastico Normale Ec:               | 31475.0             | MPa                 |
|                               | Resis. media a trazione fctm:             | 2.560               | MPa                 |
|                               | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|                               | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|                               | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 150.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400               | mm                  |
|                               | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 0.00                | Mpa                 |
|                               | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.300               | mm                  |
| ACCIAIO -                     | Tipo:                                     | B450C               |                     |
|                               | Resist. caratt. snervam. fyk:             | 450.00              | MPa                 |
|                               | Resist. caratt. rottura ftk:              | 450.00              | MPa                 |
|                               | Resist. snerv. di progetto fyd:           | 391.30              | MPa                 |
|                               | Resist. ultima di progetto ftd:           | 391.30              | MPa                 |
|                               | Deform. ultima di progetto Epu:           | 0.068               |                     |
|                               | Modulo Elastico Ef                        | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito                          |                     |                     |

MANDATARIA



MANDANTE



**ICARIA**  
società di ingegneri

|  |            |
|--|------------|
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00       |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50       |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                         | 360.00 MPa |

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| Forma del Dominio:   | Circolare |
| Classe Conglomerato: | C25/30    |
| Raggio circ.:        | 60.0 cm   |
| X centro circ.:      | 0.0 cm    |
| Y centro circ.:      | 0.0 cm    |

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

|         |  |
|---------|--|
| N°Gen.  | Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre                           |
| Xcentro | Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  |
| Ycentro | Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate |
| Raggio  | Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate              |
| N°Barre | Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza                  |
| Ø       | Diametro [mm] della singola barra generata   |

| N°Gen. | Xcentro | Ycentro | Raggio | N°Barre | Ø  |
|--------|---------|---------|--------|---------|----|
| 1      | 0.0     | 0.0     | 50.0   | 32      | 26 |
| 2      | 0.0     | 0.0     | 44.5   | 32      | 26 |

**ARMATURE A TAGLIO**

|                  |                                    |
|------------------|------------------------------------|
| Diametro staffe: | 12 mm                              |
| Passo staffe:    | 20.0 cm                            |
| Staffe:          | Una sola staffa chiusa perimetrale |

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

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)   |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate   |

| N°Comb. | N       | Mx      | Vy      |
|---------|---------|---------|---------|
| 1       | 5901.00 | 2916.00 | 1080.00 |
| 2       | 965.00  | 2916.00 | 1080.00 |
| 3       | 4713.00 | 2906.00 | 1076.00 |
| 4       | 198.00  | 2906.00 | 1076.00 |
| 5       | 0.00    | 1.00    | 0.00    |

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

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N       | Mx      | My   |
|---------|---------|---------|------|
| 1       | 4197.00 | 1991.00 | 0.00 |

**MANDATARIA**

**MANDANTE**



Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

2 1125.00 1991.00 0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N       | Mx                | My          |
|---------|---------|-------------------|-------------|
| 1       | 3940.00 | 1873.00 (1026.31) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 1263.00 | 1873.00 (760.66)  | 0.00 (0.00) |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N       | Mx               | My          |
|---------|---------|------------------|-------------|
| 1       | 3615.00 | 1828.00 (995.65) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 1518.00 | 1828.00 (782.78) | 0.00 (0.00) |

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.5 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N       | Mx      | N Res   | Mx Res  | Mis.Sic. | As Totale   |
|--------|-----|---------|---------|---------|---------|----------|-------------|
| 1      | S   | 5901.00 | 2916.00 | 5901.01 | 5506.38 | 1.89     | 339.8(33.9) |
| 2      | S   | 965.00  | 2916.00 | 965.27  | 5076.38 | 1.74     | 339.8(33.9) |
| 3      | S   | 4713.00 | 2906.00 | 4713.26 | 5479.34 | 1.89     | 339.8(33.9) |
| 4      | S   | 198.00  | 2906.00 | 198.11  | 4932.76 | 1.70     | 339.8(33.9) |
| 5      | S   | 0.00    | 1.00    | 0.00    | 4892.93 | 999.00   | 339.8(33.9) |

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)

|        |  |
|--------|--|
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.0    | 60.0   | 0.00291 | 0.0    | 50.0   | -0.00298 | 0.0    | -50.0  |
| 2      | 0.00350 | 0.0    | 60.0   | 0.00271 | 0.0    | 50.0   | -0.00518 | 0.0    | -50.0  |
| 3      | 0.00350 | 0.0    | 60.0   | 0.00287 | 0.0    | 50.0   | -0.00340 | 0.0    | -50.0  |
| 4      | 0.00350 | 0.0    | 60.0   | 0.00266 | 0.0    | 50.0   | -0.00569 | 0.0    | -50.0  |
| 5      | 0.00350 | 0.0    | 60.0   | 0.00265 | 0.0    | 50.0   | -0.00583 | 0.0    | -50.0  |

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

|         |   |
|---------|---|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.    |
| x/d     | Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid.  | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue               |

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d  | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|------|--------|
| 1      | 0.000000000 | 0.000058913 | -0.000034796 | ---- | ----   |
| 2      | 0.000000000 | 0.000078932 | -0.001235897 | ---- | ----   |
| 3      | 0.000000000 | 0.000062717 | -0.000263026 | ---- | ----   |
| 4      | 0.000000000 | 0.000083582 | -0.001514908 | ---- | ----   |
| 5      | 0.000000000 | 0.000084790 | -0.001587411 | ---- | ----   |

**VERIFICHE A TAGLIO**

|               |  |
|---------------|--|
| Diam. Staffe: | 12 mm  |
| Passo staffe: | 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm] |

|       |  |
|-------|--|
| Ver   | S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata   |
| Ved   | Taglio di progetto [kN] = $V_y$ ortogonale all'asse neutro   |
| Vcd   | Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  |
| Vwd   | Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]   |
| d   z | Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm]<br>Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.<br>I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.   |
| bw    | Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro<br>E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.   |
| Ctg   | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato   |
| Acw   | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione   |
| Ast   | Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]   |
| A.Eff | Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m]<br>Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.<br>L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lungh.legat.proiettata sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio. |

| N°Comb | Ver | Ved     | Vcd     | Vwd     | d   z      | bw    | Ctg   | Acw   | Ast  | A.Eff     |
|--------|-----|---------|---------|---------|------------|-------|-------|-------|------|-----------|
| 1      | S   | 1080.00 | 2404.23 | 1518.26 | 91.8  72.6 | 108.5 | 2.500 | 1.250 | 15.2 | 21.4(0.0) |
| 2      | S   | 1080.00 | 2212.91 | 1640.19 | 92.4  78.4 | 109.0 | 2.500 | 1.060 | 14.1 | 21.4(0.0) |
| 3      | S   | 1076.00 | 2457.01 | 1545.28 | 91.8  73.9 | 108.9 | 2.500 | 1.250 | 14.9 | 21.4(0.0) |
| 4      | S   | 1076.00 | 2129.05 | 1666.07 | 92.9  79.7 | 108.1 | 2.500 | 1.012 | 13.8 | 21.4(0.0) |
| 5      | S   | 0.00    | 3059.05 | 668.32  | 92.9  79.9 | 108.1 | 1.000 | 1.000 | 0.0  | 21.4(0.0) |

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

MANDATARIA

MANDANTE

|                |  |
|----------------|--|
| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata   |
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]                        |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)                      |
| Sf min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]                                 |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)                    |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 11.41  | 0.0    | 1680.0 | -97.7  | 0.0    | -50.0  | 923     | 42.5    |
| 2      | S   | 10.68  | 0.0    | 1680.0 | -184.0 | 0.0    | -50.0  | 1512    | 63.7    |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 10.73  | 0.0    | 1680.0 | -92.2  | 0.0    | -50.0  | 923     | 42.5    |
| 2      | S   | 10.10  | 0.0    | 1680.0 | -166.8 | 0.0    | -50.0  | 1467    | 63.7    |

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

|             |  |
|-------------|--|
| Ver.        | La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera $f_{ctm}$ in almeno una combinazione |
| e1          | Esito della verifica   |
| e2          | Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata   |
| k1          | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff       |
| kt          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  |
| k2          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]   |
| k3          | = (e1 + e2)/(2*e1) [eq.(7.13)EC2]  |
| k4          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Ø           | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  |
| Cf          | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]                             |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  |
| sr max      | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]                                  |
| wk          | Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  |
| Mx fess.    | Massima distanza tra le fessure [mm]   |
| My fess.    | Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi            |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]  |

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00058 | 0  | 0.838 | 26.0 | 87 | 0.00028 (0.00028) | 457    | 0.126 (0.40) | 1026.31 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00098 | 0  | 0.835 | 26.0 | 87 | 0.00061 (0.00050) | 466    | 0.283 (0.40) | 760.66  | 0.00    |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 10.42  | 0.0    | 1680.0 | -95.6  | 0.0    | -50.0  | 960     | 42.5    |
| 2      | S   | 9.94   | 0.0    | 0.0    | -154.0 | 0.0    | -50.0  | 1421    | 63.7    |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00059 | 0  | 0.838 | 26.0 | 87 | 0.00033 (0.00029) | 463    | 0.153 (0.30) | 995.65  | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00091 | 0  | 0.835 | 26.0 | 87 | 0.00062 (0.00046) | 460    | 0.287 (0.30) | 782.78  | 0.00    |



## SS.4 - Variante dell'abitato di Monterotondo Scalo - 2°Stralcio

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. RM190

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



|                              |                           |                          |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Dott. Ing. N. Granieri       | Dott. Ing. D. Carliaccini | Dott. Ing. V. Rotisciani |
| Dott. Arch. N. Kamenicky     | Dott. Ing. S. Sacconi     | Dott. Ing. F. Macchioni  |
| Dott. Ing. V. Truffini       | Dott. Ing. F. Aloe        | Geom. C. Vischini        |
| Dott. Arch. A. Bracchini     | Dott. Ing. V. De Gori     | Dott. Ing. V. Piuino     |
| Dott. Ing. F. Durastanti     | Dott. Ing. C. Consorti    | Dott. Ing. G. Pulli      |
| Dott. Ing. E. Bartolucci     | Geom. M. Manzo            | Geom. C. Sugaroni        |
| Dott. Geol. G. Cerquiglini   |                           |                          |
| Geom. S. Scopetta            |                           |                          |
| Dott. Ing. L. Sbrenna        |                           |                          |
| Dott. Ing. M. Briganti Botta |                           |                          |
| Dott. Ing. E. Sellari        |                           |                          |
| Dott. Ing. L. Dinelli        |                           |                          |
| Dott. Ing. L. Nani           |                           |                          |
| Dott. Ing. F. Pambianco      |                           |                          |
| Dott. Agr. F. Berti Nulli    |                           |                          |

**IL PROGETTISTA:**

Elena Bartolucci  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n°A3217

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**Il R.U.P.**

Dott. Ing. Achille Devitofranceschi

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA



## VIADOTTI VIADOTTO PANTANELLA Relazione di calcolo delle Spalle 1/2

|   |   |                  |               |
|---|---|------------------|---------------|
| <b>CODICE PROGETTO</b>  | <b>NOME FILE</b>  | <b>REVISIONE</b> | <b>SCALA:</b> |
| PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG.<br>DPRM0190      D      20 | T00-VI01-STR-RE03-A<br>CODICE ELAB.      T00VI01STRRE03 | A                | -             |
|   |   |                  |               |
|   |   |                  |               |
| A   | Emissione   | L. Sbrenna       | M. Botta      |
|   |   |                  | N. Granieri   |
| REV.  | DESCRIZIONE   | DATA             | APPROVATO     |