

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA

VI07_Viadotto su Torrente Arroscia da km 86+575 a km 86+935

Relazione di calcolo pila tipo 2

SCALA:

-

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

IV01 00 D 09 CL VI0705 002 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|------------|---------------|------------|---------------|-----------|---------------|------------------------------|
| A | EMISSIONE ESECUTIVA | G.Grimaldi | Febbraio 2022 | D. Guerci | Febbraio 2022 | G. Fadda | Febbraio 2022 | A. Vittozzi Febbraio 2022 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle
Dati. Ing. A. Vittozzi
Ordine degli Ingegneri di Genova
N° 420783

File: IV0100D09CLVI0705002A

n. Elab.:

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 1.1 | DESCRIZIONE DELL'OPERA | 4 |
| 1.2 | ASPETTI LEGATI ALLE OPERE DI FONDAZIONE | 6 |
| 2 | RIFERIMENTI NORMATIVI | 7 |
| 3 | MATERIALI | 8 |
| 3.1 | CALCESTRUZZO | 8 |
| 3.2 | ACCIAIO | 9 |
| 3.3 | VERIFICA S.L.E. | 10 |
| 3.3.1 | <i>Verifiche alle tensioni</i> | 10 |
| 3.3.2 | <i>Verifiche a fessurazione</i> | 11 |
| 4 | ANALISI E VERIFICHE PILA | 12 |
| 4.1 | GENERALITÀ | 12 |
| 4.2 | MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE | 12 |
| 4.3 | CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO | 13 |
| 4.4 | SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA | 16 |
| 4.5 | GEOMETRIA DELLA PILA | 17 |
| 4.6 | ANALISI DEI CARICHI | 19 |
| 4.6.1 | <i>Peso proprio elementi strutturali</i> | 19 |
| 4.6.2 | <i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> | 21 |
| 4.6.3 | <i>Azione del Vento</i> | 25 |
| 4.6.4 | <i>Carichi da traffico verticali</i> | 27 |
| 4.6.5 | <i>Effetti dinamici</i> | 29 |
| 4.6.6 | <i>Carichi da traffico orizzontali</i> | 29 |
| 4.6.7 | <i>Azione sismica</i> | 31 |
| 4.6.8 | <i>Analisi Dinamica Lineare</i> | 34 |

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|---------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 3 di 55 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.6.9 | Calcolo delle sollecitazioni in testa pali..... | 37 |
| 4.6.10 | Riepilogo risultati..... | 38 |
| 4.7 | SOLLECITAZIONI..... | 39 |
| 4.7.1 | Base Pila | 39 |
| 4.7.2 | Plinto di fondazione..... | 42 |
| 4.8 | PALI DI FONDAZIONE | 45 |
| 4.9 | VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI..... | 48 |
| 4.9.1 | Pila | 48 |
| 4.9.2 | Zattera di fondazione..... | 55 |

1 PREMESSA

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 Pile del viadotto ferroviario VI07, Viadotto su Torrente Arroscia.

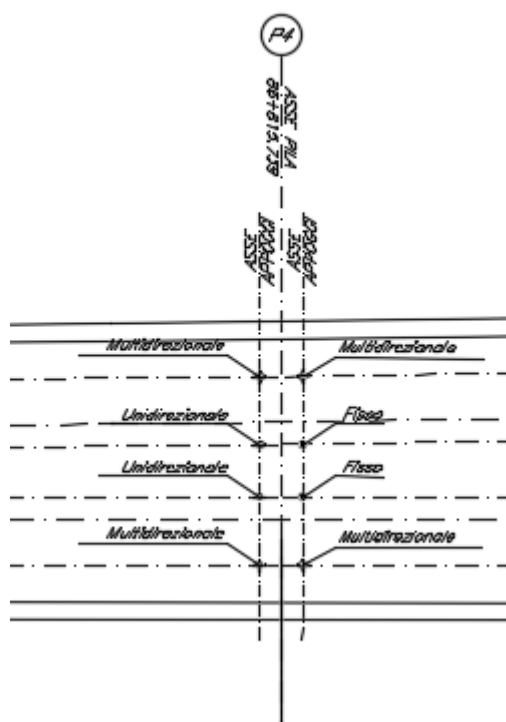
In particolare si tratterà la Pila 4 che presenta su cui appoggiano due impalcati di luce 60m.

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

1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto ferroviario VI07 ha una lunghezza totale di circa 360 m, il è costituito da 6 impalcati di luce 60m. Il viadotto è previsto a doppio binario.

Pile e spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera.



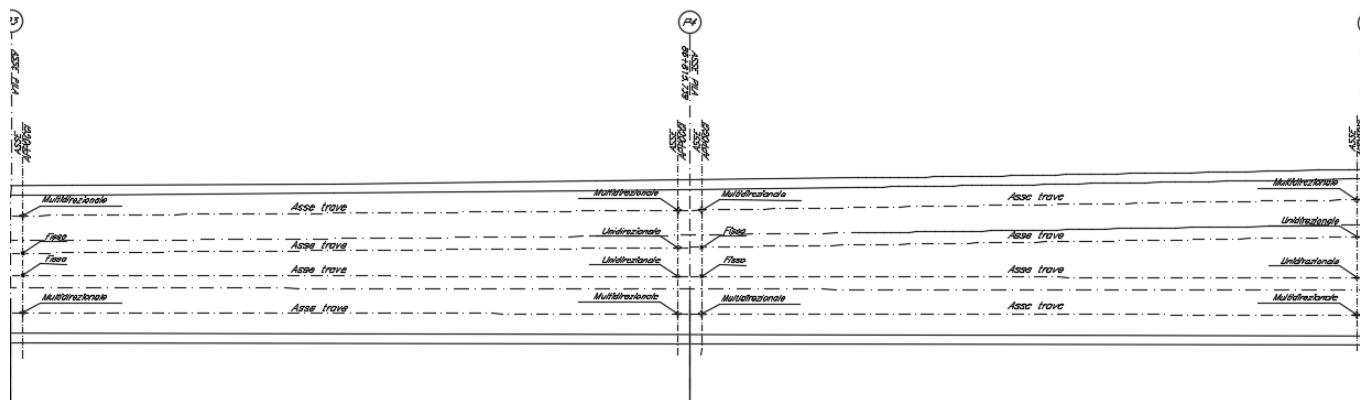


Figura 1 -schema appoggi impalcato convergenti sulla pila.

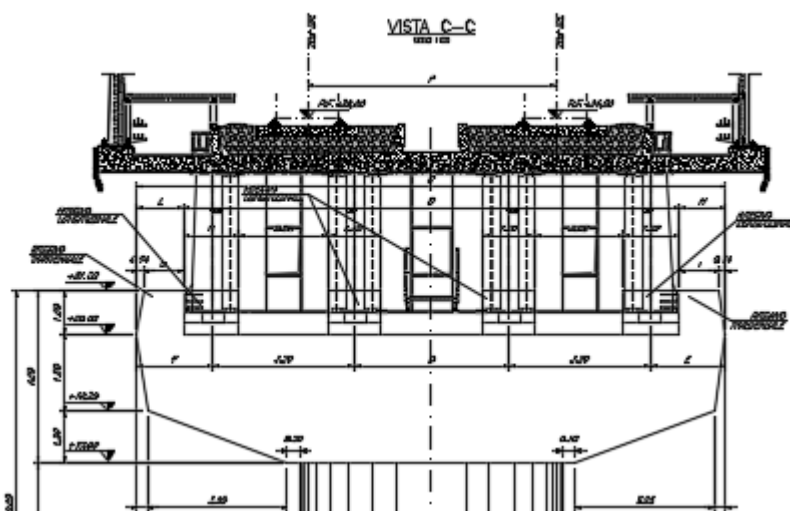


Figura 2 - sezione trasversale impalcato sx e dx

1.2 Aspetti legati alle opere di fondazione

Le fondazioni sono realizzate sia per le pile che per le spalle con plinti su pali di grande diametro.

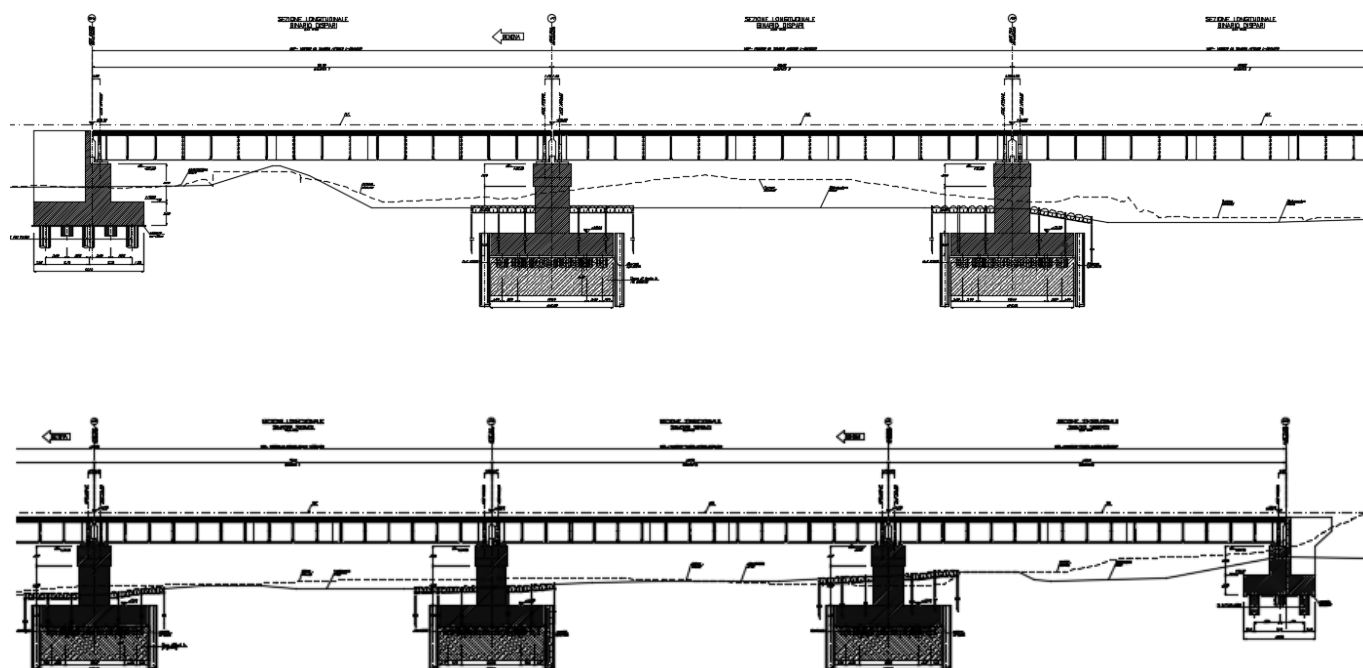


Figura 3 – sviluppo longitudinale del viadotto

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Circolare 21 gennaio 2019, n. 7/C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;"*

3 MATERIALI

3.1 calcestruzzo

Caratteristiche CLS secondo NTC 2018/UNI EN 206/UNI 11104

| Elemento | | plinti | elevazione pile/spalle | soletta sezioni miste | travi incorporate |
|--|-------|------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Corrosione indotta da | | | | | |
| Carbonatazione | XC | XC2 | XC4 | XC3 | XC3 |
| Cloruri (altre fonti) | XD | - | - | - | - |
| Cloruri acqua di mare | XS | - | XS1 | XS1 | XS1 |
| Gelo/disgelo | XF | - | - | - | - |
| Chimico | XA | - | - | - | - |
| Condizioni ambientali | - | ordinarie | aggressive | aggressive | aggressive |
| Classe di resistenza minima | - | C32/40 | C32/40 | C35/45 | C35/45 |
| Contenuto minimo di cemento | kg/mc | 300 | 340 | 340 | 340 |
| Rapporto massimo acqua/cemento | - | 0.60 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| Classe di consistenza (Slump) | - | S4 | S4 | S4 | S4 |
| Tipo di cemento | - | CEM III÷V | CEM III÷V | CEM I÷V | CEM I÷V |
| Diametro massimo dell'inerte | mm | 32 | 25 | 20 | 20 |
| Calcolo copriferro secondo NTC 2018 | | | | | |
| Copriferro minimo | mm | 20 | 35 | 35 | 35 |
| Incremento per tolleranze di posa | mm | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Incremento per VN=100 anni | mm | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Decremento per controllo qualità | mm | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Incremento per $C \leq C_{min}$ | mm | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Copriferro nominale (minimo da NTC) | mm | 30 | 45 | 45 | 45 |
| Copriferro nominale (MdP) | | 40 | 40+10 | 35+10 | 35+10 |
| Copriferro nominale adottato | mm | 40 | 50 | 45 | 45 |

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|---------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 9 di 55 |

Opera Ferroviaria

Limiti Tensionali

| | | | | | |
|--|-----|-------|-------|-------|-------|
| Resistenza cilindrica caratteristica (fck) | MPa | 25 | 32 | 35 | 35 |
| SLE rara (sc≤0.55*fck) | MPa | 13.75 | 17.60 | 19.25 | 19.25 |
| SLE frequente (-) | MPa | - | - | - | - |
| SLE q.perm. (sc≤0.40*fck) | MPa | 10.00 | 12.80 | 14.00 | 14.00 |

Limiti Fessurativi

| | | | | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| tipo armatura | poco sensibile | poco sensibile | poco sensibile | poco sensibile |
| SLE rara gr4 | w1=0.2mm | w1=0.2mm | w1=0.2mm | w1=0.2mm |
| SLE frequente | - | - | - | - |
| SLE q.perm. | - | - | - | - |

3.2 Acciaio

Per le travi e tutti gli elementi strutturali in acciaio dell'impalcato si utilizza

Acciaio S355J2

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi


| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale "t" dell'elemento | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | t ≤ 40 mm | | 40 mm < t ≤ 80 mm | |
| | f _{yk} [N/mm ²] | f _{tk} [N/mm ²] | f _{yk} [N/mm ²] | f _{tk} [N/mm ²] |
| UNI EN 10025-2 | | | | |
| S 235 | 235 | 360 | 215 | 360 |
| S 275 | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 | 355 | 510 | 335 | 470 |
| S 450 | 440 | 550 | 420 | 550 |

Figura 4 – valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk}

Per l'armatura della soletta e degli elementi in calcestruzzo armato si prevede

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450C

| | |
|--------------------|-----------------------|
| f _{y nom} | 450 N/mm ² |
| f _{t nom} | 540 N/mm ² |

| | | | | | | |
|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
|  | Raddoppio della linea Genova-Ventimiglia | | | | | |
| | Tratta finale Ligure-Andora | | | | | |
| VI07_Viadotto su Torrente Arroscia da km 86+575 a km 86+935 | | | | | | |
| Relazione di calcolo pila tipo 2 | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| | IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 10 di 55 |

3.3 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 attese, secondo quanto di seguito specificato

3.3.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A", ovvero:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$.

3.3.2 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:

Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

| 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:

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

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

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

Data la maggior restrittività, alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel DM 14.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

– Combinazione Caratteristica (Rara) $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

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 PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione circolare di diametro 4,50m, un'altezza complessiva di 6,00m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 4,9 x 13,70m ed altezza 3,00m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro $f=1,20\text{m}$ collegati in testa da una platea di spessore 3,00 m.

Per le verifiche dei singoli elementi della pila (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.

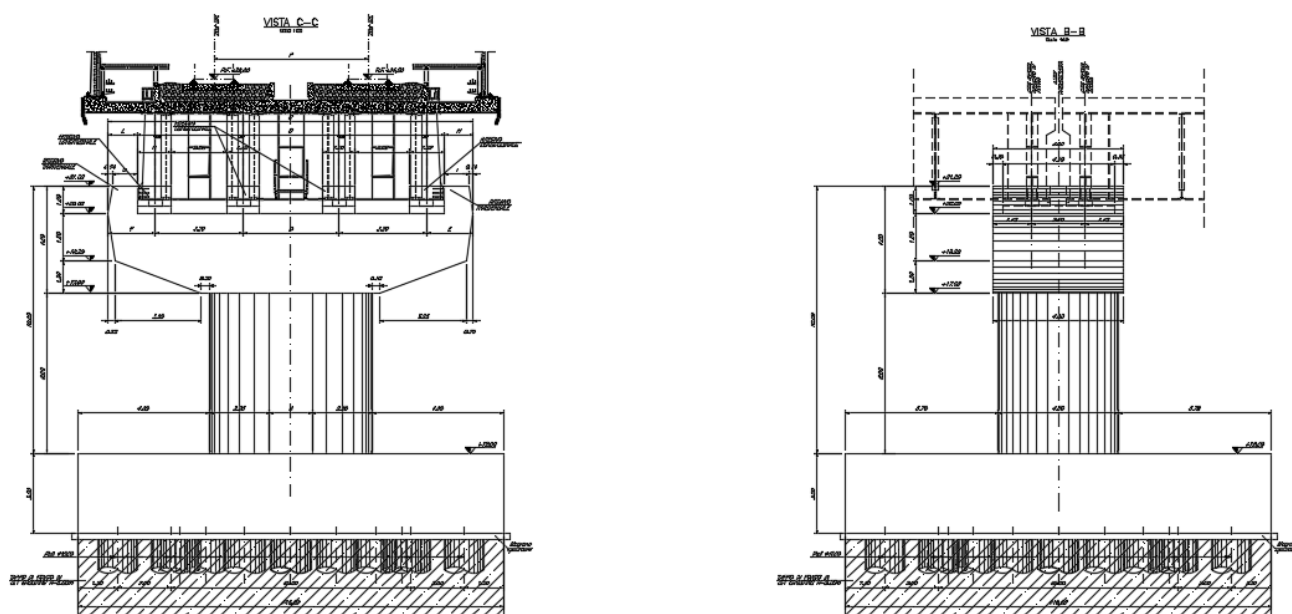


Figura 5 – prospetti pila

4.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

Le sollecitazioni di verifica della pila 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 azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

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 fusto pila e plinto.

Per l'analisi e la verifica del plinto di fondazione, si è utilizzato un modello, a seconda della geometria, di tirante-puntone o trave inflessa.

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 adoperati 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, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

– 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:

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

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

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

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Relazione di calcolo pila tipo 2

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 14 di 55 |

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

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

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

⁽²⁾ 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.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

| Azioni | Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV) | Coefficiente ψ_0 di combinazione | Coefficiente ψ_1 (valori frequenti) | Coefficiente ψ_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 |

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 Pila

| Generali | | | |
|--|----------------|--------------|-------------------|
| Peso cls | γ_{cls} | 25 | kN/m ³ |
| Peso terreno | γ_t | 20 | kN/m ³ |
| Sovraccarico accidentale sul rilevato | q_{acc} | 0,0 | kN/m ² |
| Altezza appoggio + baggiolo | h_{ap} | 0,50 | m |
| Distanza piano appoggi-intradosso plinto | H_1 | 9,50 | m |
| Pulvino | | | |
| Altezza | H_p | 3,00 | m |
| Lunghezza lungo asse X | b_p | 4,9 | m |
| Lunghezza lungo asse Y | L_p | 13,70 | m |
| Area Sezione | | 67,13 | m ² |
| % Vuoti sezione | | 0% | |
| Coordinata X del baricentro rispetto fondazione | x_p | 0,00 | m |
| Pila | | | |
| Altezza | H_m | 6,00 | m |
| Lunghezza lungo asse X (o diametro se circolare) | b_m | 4,50 | m |
| Lunghezza lungo asse Y | L_m | 6,10 | m |
| Area Sezione | | 22,40 | m ² |
| % Vuoti sezione | | 0% | |
| Coordinata X del baricentro rispetto fondazione | x_m | 0,00 | m |
| Distanza asse baggioli- asse pila (sx) | x_{m1} | -1,00 | m |
| Distanza asse baggioli- asse asse pila (dx) | x_{m2} | 1,00 | m |

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 18 di 55 |

| Plinto | | | |
|---|-------|--------------|------------|
| Altezza | H_f | 3,00 | m |
| Lunghezza lungo asse X | b_f | 16,00 | m |
| Lunghezza lungo asse Y | L_f | 16,00 | m |
| Spessore ricoprimento medio | h_t | 4,30 | m |
| Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx) | | -1,00 | m |
| Distanza asse baggioli - baricentro plinto (dx) | | 1,00 | m |
| Terreno | | | |
| Angolo d'attrito interno (φ) | | 35 | ° |
| Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo | ▼ | Ko= 0.426 | ▼ |
| | | | 426 271 |
| Sisma | | | |
| S_s | | 1,200 | |
| a_g | | 0,179 | |
| Coefficiente sismico orizzontale | k_h | 0,215 | |
| F_0 | | 2,499 | |

Tabella 2 – Dati di input

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ *Peso proprio strutture*

Di seguito si riporta nel dettaglio l'analisi dei carichi effettuata.

Impalcato SINISTRO e DESTRO

- G_1 : peso strutturale portante, dato dalla somma dei seguenti contributi:
 - Peso proprio cassoni travi in acciaio;
 - Peso proprio soletta in c.a. e paraballast;
- G_2 : peso strutturale portato, dato dalla somma dei seguenti contributi:
 - Peso proprio della barriera antirumore, assunto pari a 15 kN/m;
 - Peso proprio della barriera antilancio, assunto pari a 7 kN/m;
 - Peso del ballast, assunto pari a
$$L_{vasca}[4,06m] * h_{vasca}[0,8m] * \gamma_{ballast} \left[18 \frac{kN}{m^3} \right] * 2 = 117 \frac{kN}{m}$$
 - Peso del camminamento pedonale, assunto pari a 13,42 kN/m;
 - Peso della canaletta, assunto pari a 2,1 kN/m, per ogni canaletta;
 - Peso della veletta, assunto pari a 2,5 kN/m, per ogni veletta.

Impalcato (sx)

| | | | |
|---|----------------|------------|------|
| N° Binari | | 2 | |
| Lunghezza | L | 60 | m |
| Peso Proprio | G ₁ | 336 | kN/m |
| Permanenti portati | G ₂ | 162 | kN/m |
| Ballast | | 0 | kN/m |
| n° totale appoggi sulla pila | n | 4 | |
| Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n | R _i | 2520,0 | kN |
| Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n | R _i | 1215,0 | kN |
| Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n (ballast) | R _i | 0 | kN |

Impalcato (dx)

| | | | |
|---|----|------------|------|
| N° Binari | | 2 | |
| Lunghezza | L | 60 | m |
| Peso Proprio | G1 | 336 | kN/m |
| Permanenti portati | G2 | 162 | kN/m |
| Ballast | G2 | 0 | kN/m |
| n° totale appoggi sulla pila | n | 4 | |
| Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n | Ri | 2520,0 | kN |
| Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n | Ri | 1215,0 | kN |
| Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n (ballast) | Ri | 0 | kN |

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi dedotti dall'analisi dell'impalcato, per la campata sinistra e destra:

| BINARIO 1 | SX | ai | Primo | | 1,0 (LM 71"+SW/0) | | - | | | 1,0 SW/2 | |
|-----------|----------|---------------|----------|-----------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------|-------------------|----------|
| | | | Y | REAZ LM71 | REAZ SW2 | α (LM71) | α (SW2) | ϕ_3 | REAZ LM71 | REAZ SW2 | |
| | APPOGGIO | REAZIONE | | | | | | | | | |
| | 1 | -0,267 | -3,3 | 0 | 3524 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 3599 | |
| | 2 | 0,098 | -0,97 | 0 | 3524 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 3599 | |
| | 3 | 0,402 | 0,97 | 0 | 3524 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 3599 | |
| | 4 | 0,767 | 3,3 | 0 | 3524 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 3599 | |
| BINARIO 2 | SX | ai | secondo | | 1,0 (LM 71"+SW/0) | | - | | | 1,0 (LM 71"+SW/0) | |
| | | | Y | REAZ LM71 | REAZ SW2 | α (LM71) | α (SW2) | ϕ_3 | REAZ LM71 | REAZ SW2 | |
| | APPOGGIO | REAZIONE | | | | | | | | | |
| | 1 | -0,267 | -3,3 | 2643 | 0 | 1,1 | 1 | 1,02 | 2969 | 0 | |
| | 2 | 0,098 | -0,97 | 2643 | 0 | 1,1 | 1 | 1,02 | 2969 | 0 | |
| | 3 | 0,402 | 0,97 | 2643 | 0 | 1,1 | 1 | 1,02 | 2969 | 0 | |
| | 4 | 0,767 | 3,3 | 2643 | 0 | 1,1 | 1 | 1,02 | 2969 | 0 | |
| BINARIO 1 | dx | ai | Primo | | 1,0 (LM 71"+SW/0) | | - | | | 1,0 SW/2 | |
| | | | Y | REAZ LM71 | REAZ SW2 | α (LM71) | α (SW2) | ϕ_3 | REAZ LM71 | REAZ SW2 | |
| | APPOGGIO | REAZIONE | | | | | | | | | |
| | 1 | -0,267 | -3,3 | 0 | 3524 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 3599 | |
| | 2 | 0,098 | -0,97 | 0 | 3524 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 3599 | |
| | 3 | 0,402 | 0,97 | 0 | 3524 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 3599 | |
| | 4 | 0,767 | 3,3 | 0 | 3524 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 3599 | |
| BINARIO 2 | dx | ai | secondo | | 1,0 (LM 71"+SW/0) | | - | | | 1,0 (LM 71"+SW/0) | |
| | | | Y | REAZ LM71 | REAZ SW2 | α (LM71) | α (SW2) | ϕ_3 | REAZ LM71 | REAZ SW2 | |
| | APPOGGIO | REAZIONE | | | | | | | | | |
| | 1 | -0,267 | -3,3 | 2643 | 0 | 1,1 | 1 | 1,02 | 2969 | 0 | |
| | 2 | 0,098 | -0,97 | 2643 | 0 | 1,1 | 1 | 1,02 | 2969 | 0 | |
| | 3 | 0,402 | 0,97 | 2643 | 0 | 1,1 | 1 | 1,02 | 2969 | 0 | |
| | 4 | 0,767 | 3,3 | 2643 | 0 | 1,1 | 1 | 1,02 | 2969 | 0 | |
| BINARIO 1 | dx | LO CAMPATA DX | | | | | | | | | |
| | | APPOGGIO | REAZIONE | Y | REAZ LM71 | REAZ SW2 | α (LM71) | α (SW2) | ϕ_3 | REAZ LM71 | REAZ SW2 |
| | 1 | -0,267 | -3,3 | 0 | 3947 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 4031 | |
| | 2 | 0,098 | -0,97 | 0 | 3947 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 4031 | |
| | 3 | 0,402 | 0,97 | 0 | 3947 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 4031 | |
| | 4 | 0,767 | 3,3 | 0 | 3947 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 4031 | |
| BINARIO 2 | dx | LO CAMPATA DX | | | | | | | | | |
| | | APPOGGIO | REAZIONE | Y | REAZ LM71 | REAZ SW2 | α (LM71) | α (SW2) | ϕ_3 | REAZ LM71 | REAZ SW2 |
| | 1 | -0,267 | -3,3 | 0 | 3947 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 4031 | |
| | 2 | 0,098 | -0,97 | 0 | 3947 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 4031 | |
| | 3 | 0,402 | 0,97 | 0 | 3947 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 4031 | |
| | 4 | 0,767 | 3,3 | 0 | 3947 | 1,1 | 1 | 1,02 | 0 | 4031 | |

Per il calcolo di a_i , coefficiente di Courbon, si è utilizzata la seguente formula:

$$a_i = \frac{1}{n} + \frac{e \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2}$$

Dove:

- n è il numero di appoggi
- e è l'eccentricità dell'asse binario rispetto all'asse della trave (che tiene conto dell'eccentricità del carico ferroviario secondo NTC2018 capitolo 5.2.2.2.1.1)
- y_i è la distanza tra l'asse della trave e l'asse dell'impalcato

I carichi verticali dovuti al traffico sono calcolati tenendo conto della posizione che massimizza le reazioni sulla pila, per la loro definizione si rimanda al paragrafo 4.6.4.

Questi, dopo essere ripartiti con il metodo di Courbon, forniscono i risultati in tabella seguente.

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

sx

| Appoggio | A | | | B | | | C | | | D | | | biz |
|--------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | FZ | FX | FY | FZ | FX | FY | FZ | FX | FY | FZ | FX | FY | |
| Descrizione carico | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [m] |
| Peso proprio g1 | 2520 | | | 2520 | | | 2520 | | | 2520 | | | 0,00 |
| Permanenti G2 | 1215 | | | 1215 | | | 1215 | | | 1215 | | | 0,00 |
| Ballast | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. Nmax Qv | 1967 | | | 1738 | | | 1546 | | | 1317 | | | 0,00 |
| Comb. Nmax Q frenatura | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. Nmax Q centrifuga | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. Nmax Q serpeggio | | | | | | 28 | | | 28 | | | | 4,50 |
| Comb. MTmax Qv | 1967 | | | 1738 | | | 1546 | | | 1317 | | | 0,00 |
| Comb. MTmax Q frenatura | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. MTmax Q centrifuga | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. MTmax Q serpeggio | | | | | | 28 | | | 28 | | | | 4,50 |
| Comb. MLmax Qv | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. MLmax Q frenatura | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. MLmax Q centrifuga | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. MLmax Q serpeggio | | | | | | | | | | | | | 4,50 |
| Vento Ponte Scarico | | | | | | 316 | | | 316 | | | | 4,50 |
| Vento Ponte Carico | | | | | | 316 | | | 316 | | | | 4,50 |
| Attrito permanente | | 22 | | | 22 | | | 22 | | | 22 | | 0,00 |
| Attrito carichi mobili | | 59 | | | 52 | | | 46 | | | 39 | | 0,00 |
| q=1.5 | Sisma longitudinale | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| | Sisma trasversale | | | | | 3459 | | | 3459 | | | | 4,50 |
| | Sisma verticale | 519 | | | 519 | | 519 | | | 519 | | | 0,00 |
| q=1.36 | Sisma longitudinale | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | 0,00 |
| | Sisma trasversale | | | 0 | | 3815 | | | 3815 | | | 0 | 4,50 |
| | Sisma verticale | 519 | | | 519 | | 519 | | | 519 | | | 0,00 |
| q=1 | Sisma longitudinale | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | 0,00 |
| | Sisma trasversale | | | 0 | | 5188 | | | 5188 | | | 0 | 4,50 |
| | Sisma verticale | 519 | | | 519 | | 519 | | | 519 | | | 0,00 |

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

dx

| Appoggio | A | | | B | | | C | | | D | | | biz |
|--------------------------|---------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| | FZ | FX | FY | FZ | FX | FY | FZ | FX | FY | FZ | FX | FY | |
| Descrizione carico | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [m] |
| Peso proprio g1 | 2520 | | | 2520 | | | 2520 | | | 2520 | | | 0,00 |
| Permanenti G2 | 1215 | | | 1215 | | | 1215 | | | 1215 | | | 0,00 |
| Ballast | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. Nmax Qv | 1967 | | | 1738 | | | 1546 | | | 1317 | | | 0,00 |
| Comb. Nmax Q frenatura | | | | | 1050 | | | 1050 | | | | | 0,00 |
| Comb. Nmax Q centrifuga | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. Nmax Q serpeggio | | | | | | 28 | | | 28 | | | | 4,50 |
| Comb. MTmax Qv | 1967 | | | 1738 | | | 1546 | | | 1317 | | | 0,00 |
| Comb. MTmax Q frenatura | | | | | 1050 | | | 1050 | | | | | 0,00 |
| Comb. MTmax Q centrifuga | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. MTmax Q serpeggio | | | | | | 28 | | | 28 | | | | 4,50 |
| Comb. MLmax Qv | 2015 | | | 2015 | | | 2015 | | | 2015 | | | 0,00 |
| Comb. MLmax Q frenatura | | | | | 1050 | | | 1050 | | | | | 0,00 |
| Comb. MLmax Q centrifuga | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Comb. MLmax Q serpeggio | | | | | | 55 | | | 55 | | | | 4,50 |
| Vento Ponte Scarico | | | | | | 316 | | | 316 | | | | 4,50 |
| Vento Ponte Carico | | | | | | 316 | | | 316 | | | | 4,50 |
| Attrito permanente | | 22 | | | 22 | | | 22 | | | 22 | | 0,00 |
| Attrito carichi mobili | | 60 | | | 60 | | | 60 | | | 60 | | 0,00 |
| q=1.5 | Sisma longitudinale | | | | 6918 | | | 6918 | | | | | 0,00 |
| | Sisma trasversale | | | | | 3459 | | | 3459 | | | | 4,50 |
| | Sisma verticale | 519 | | | 519 | | | 519 | | | 519 | | 0,00 |
| q=1.36 | Sisma longitudinale | | 0 | | 7630 | | | 7630 | | | 0 | | 0,00 |
| | Sisma trasversale | | | 0 | | 3815 | | | 3815 | | | 0 | 4,50 |
| | Sisma verticale | 519 | | | 519 | | | 519 | | | 519 | | 0,00 |
| q=1 | Sisma longitudinale | | 0 | | 10377 | | | 10377 | | | 0 | | 0,00 |
| | Sisma trasversale | | | 0 | | 5188 | | | 5188 | | | 0 | 4,50 |
| | Sisma verticale | 519 | | | 519 | | | 519 | | | 519 | | 0,00 |

4.6.3 Azione del Vento

Il calcolo dell'azione del vento si effettua prendendo come riferimento il sito effettivo del viadotto posto in zona 7, in prossimità del livello del mare.

| Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005 | | | | |
|--|-------------------------------|---------|--------|-------|
| Condizione (ponte carico o scarico) | | scarico | carico | |
| Altitudine sul livello del mare | as | 10 | 10 | m |
| Zona | Z | 7 | 7 | |
| Parametri | Vb,0 | 28 | 28 | m/s |
| Parametri | a0 | 1000 | 1000 | m |
| Parametri | ks | 0,54 | 0,54 | 1/s |
| Velocità di riferimento (Tr=50anni) | $vb= vb0 * (1 + ks(as/ao-1))$ | 28 | 28 | m/s |
| Periodo di ritorno considerato | TR | 112,5 | 112,5 | anni |
| | αR | 1,05 | 1,05 | |
| Velocità di riferimento | Vb(TR) | 29,28 | 29,28 | m/s |
| Densità dell'aria | ρ | 1,25 | 1,25 | kg/mc |
| Pressione cinetica di riferimento | $qb=0.5*\rho*vb^2$ | 0,54 | 0,54 | kN/mq |
| Classe di rugosità del terreno | | D | D | |
| Distanza dalla costa | | 1,5 | 1,5 | km |
| Altitudine sul livello del mare | | <750 | <750 | m |
| Categoria di esposizione del sito | Cat | III | III | |
| Vento su impalcato | | | | |
| Parametri | kr | 0,2 | 0,2 | |
| Parametri | z0 | 0,1 | 0,1 | m |
| Parametri | zmin | 4 | 4 | m |
| Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6)) | z | 15 | 15 | m |
| Coefficiente di topografia | ct | 1 | 1 | |
| Coefficiente di esposizione (z) | ce(z) | 2,41 | 2,41 | |
| Larghezza impalcato | b | 11,4 | 11,4 | m |
| Altezza impalcato | h1 | 3,9 | 3,9 | m |
| Altezza treno o parapetto | h2 | 4 | 4 | m |
| Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno) | dtot | 7,9 | 7,9 | m |
| Rapporto di forma | b/dtot | 1,44 | 1,44 | |
| Coefficiente di forza (figura 8.3 EC) | cfx | 2,07 | 2,07 | |

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 26 di 55 |

| Riepilogo | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|-------|
| Pressione cinetica di riferimento | qb | 0,54 | 0,54 | kN/mq |
| Coefficiente di esposizione | ce | 2,41 | 2,41 | |
| Coefficiente di forza | cfx | 2,07 | 2,07 | |
| Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5)) | d | 7,9 | 7,9 | m |
| Forza statica equivalente a m/l | f=prodotto | 21,1 | 21,1 | kN/m |
| Pressione statica equivalente | p=f/d | 2,67 | 2,67 | kN/mq |
| Pressione statica equivalente (minima considerata) | pmin | 1,5 | 1,5 | kN/mq |
| Forza statica equivalente a m/l considerata | f | 21,1 | 21,1 | kN/m |
| Vento impalcato a ponte scarico | | sx | dx | |
| Forza statica equivalente | f | 21,1 | 21,1 | kN/m |
| Luce impalcato | L | 60 | 60 | m |
| Forza trasversale al piano appoggi | FT=f*L/2 | 632 | 632 | kN/m |
| Vento impalcato a ponte carico | | | | |
| Forza statica equivalente | f | 21,1 | 21,1 | kN/m |
| Luce impalcato | L | 60 | 60 | m |
| Forza trasversale al piano appoggi | FT=f*L/2 | 632 | 632 | kN/m |

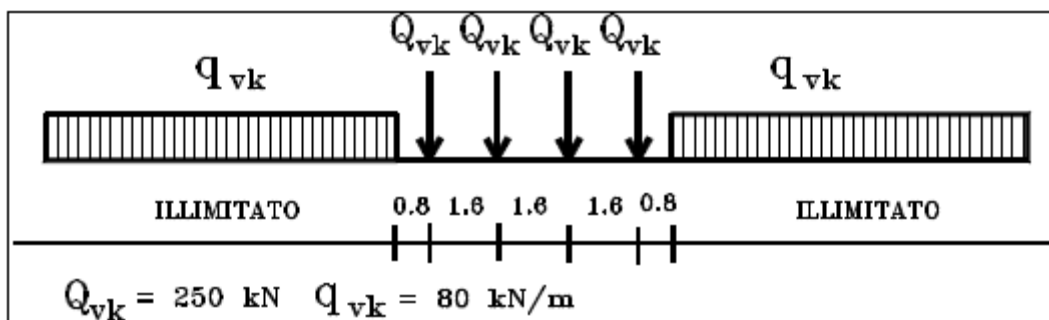
4.6.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2.

Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ *Modello di carico LM71*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.

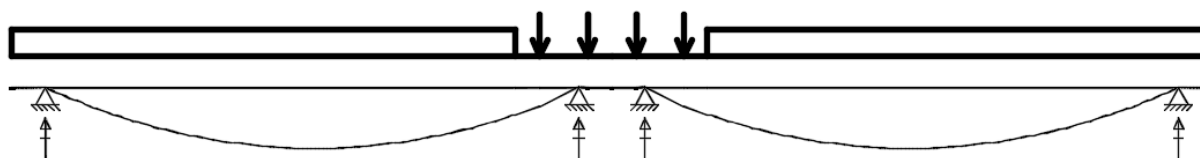


Treno di carico LM 71

Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

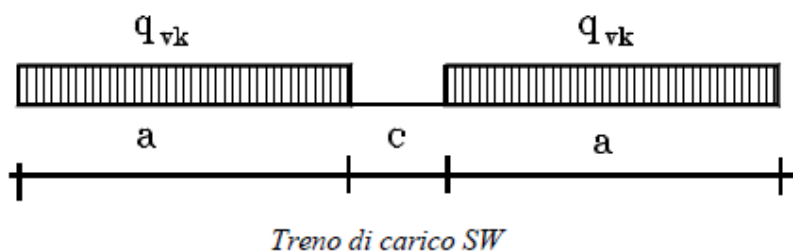
Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata

Nella pila presa in esame, la posizione dei carichi da traffico che massimizza le reazioni sugli appoggi è la seguente:



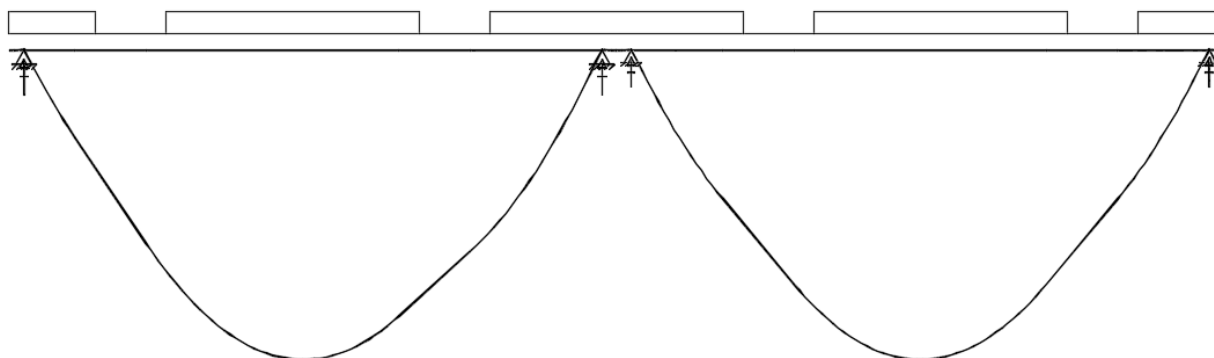
➤ *Modello di carico SW/2*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



| Tipo di Carico | q_{vk} [kN/m] | a [m] | c [m] |
|----------------|-----------------|-------|-------|
| SW/0 | 133 | 15,0 | 5,3 |
| SW/2 | 150 | 25,0 | 7,0 |

Nella pila presa in esame, la posizione dei carichi da traffico che massimizza le reazioni sugli appoggi è la seguente:



Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001 A).

| MODELLO DI CARICO | COEFFICIENTE "α" |
|-------------------|------------------|
| LM71 | 1,10 |
| SW/0 | 1,10 |
| SW/2 | 1,00 |

4.6.5 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par. 5.2.2.2.3 del DM 14.1.2018 che per l'opera in esame riporta:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\psi} - 0,2} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00 \quad [5.2.7]$$

4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Si riporta l'estratto da NTC2018 per il calcolo delle azioni di avviamento e frenatura:

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato.

I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

avviamento: $Q_{1a,k} = 33 \text{ [kN/m]} \cdot L[\text{m}] \leq 1000 \text{ kN}$ per modelli di carico LM 71, SW/0, SW/2

frenatura: $Q_{1b,k} = 20 \text{ [kN/m]} \cdot L[\text{m}] \leq 6000 \text{ kN}$ per modelli di carico LM 71, SW/0
 $Q_{1b,k} = 35 \text{ [kN/m]} \cdot L[\text{m}]$ per modelli di carico SW/2

| Frenatura | | |
|--|-------------|-----------------|
| L | 60 | m |
| L _{calc} | 60 | per Treno LM 71 |
| | 30 | per Treno SW/0 |
| | 50 | per SW/2 |
| Q _{1b,k} | 1320 | per Treno LM 71 |
| Q _{1b,k} | 660 | per Treno SW/0 |
| Q _{1b,k} | 1750 | per SW/2 |
| Q _{1b,k} (filtrata) per Treno LM 71 | 1320 | kN |
| Q _{1b,k} (filtrata) per Treno SW/0 | 660 | kN |
| Q _{1b,k} (filtrata) per SW/2 | 1750 | kN |

| Avviamento | | |
|--|-------------|-----------------|
| L | 60 | m |
| L _{calc} | 60 | per Treno LM 71 |
| | 30 | per Treno SW/0 |
| | 50 | per SW/2 |
| Q _{1a,k} | 2178 | per Treno LM 71 |
| Q _{1a,k} | 1089 | per Treno SW/0 |
| Q _{1a,k} | 1650 | per SW/2 |
| Q _{1a,k} (filtrata) per Treno LM 71 | 1000 | kN |
| Q _{1a,k} (filtrata) per Treno SW/0 | 1000 | kN |
| Q _{1a,k} (filtrata) per SW/2 | 1000 | kN |

Il serpeggio è stato assegnato al modello in base alle seguenti disposizioni da NTC2018 :

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.

Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a $Q_{sk} = 100$ kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α , (se $\alpha > 1$), ma non per il coefficiente Φ .

Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

| <u>Serpeggio</u> | | |
|--------------------|-----|------|
| FT=100kN | 100 | kN*m |
| <u>Treno LM 71</u> | | |
| α | 1,1 | |
| FT* α | 110 | kN |
| <u>Treno SW/0</u> | | |
| α | 1,1 | |
| FT* α | 110 | kN |
| <u>Treno SW/2</u> | | |
| α | 1 | |
| FT* α | 100 | kN |

L \emptyset 58 m
 \emptyset 3 Coeff. Dinamico 1,021

4.6.7 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. 2018 e relativa circolare applicativa.

Nel progetto delle pile si prevedono i seguenti parametri sismici:

$$q=1.5$$

$$V_n = 75 \text{ anni}$$

$$C_u = 1.5$$

Categoria terreno : B

➤ Valori di progetto

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
8,2171

LATITUDINE
44,0539

Ricerca per comune

REGIONE
Liguria
PROVINCIA
Savona
COMUNE
Albenga

Elaborazioni grafiche

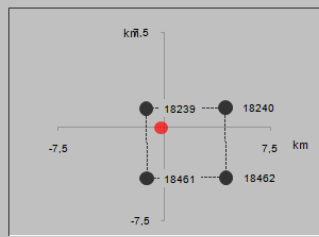
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri


Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie ric

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

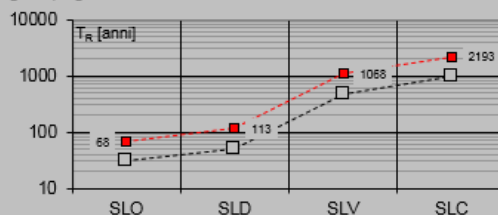
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

| | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Stati limite di esercizio - SLE | SLO - $P_{VR} = 81\%$ | <input type="text" value="68"/> |
| | SLD - $P_{VR} = 63\%$ | <input type="text" value="113"/> |
| Stati limite ultimi - SLU | SLV - $P_{VR} = 10\%$ | <input type="text" value="1068"/> |
| | SLC - $P_{VR} = 5\%$ | <input type="text" value="2193"/> |

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info

$S_B =$ $C_C =$ info

Categoria topografica info

$h/H =$ $S_T =$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) $\eta =$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_0 Regol. in altezza info

Compon. verticale

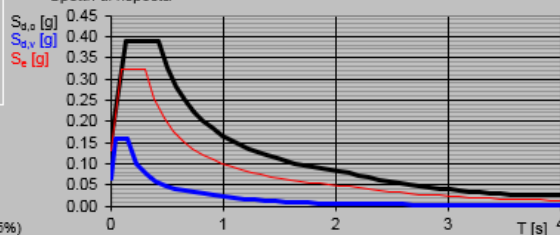
Spettro di progetto

Fattore q $\eta =$ info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

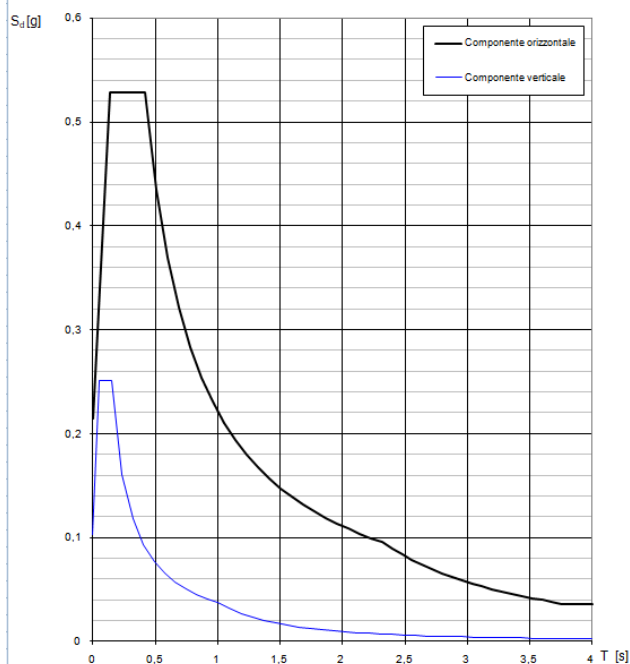
Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_n | 0,179 g |
| F_n | 2,456 |
| T_c^* | 0,300 s |
| S_s | 1,200 |
| C_c | 1,400 |
| S_T | 1,000 |
| q | 1,000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1,200 |
| η | 1,000 |
| T_B | 0,140 s |
| T_C | 0,419 s |
| T_D | 2,317 s |

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



➤ Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza un'analisi statica lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle Normative. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, si è fatto riferimento ad una Analisi Dinamica Modale, attraverso la costruzione di un modello tridimensionale agli Elementi Finiti semplificato.

I Fattori di struttura utilizzati sono:

- $q= 1.5$ per la verifica a presso flessione della pila
- $q= 1.5/1.1$ per la verifica a capacità portante verticale dei pali e verifica del plinto
- $q= 1$ per le verifiche a taglio degli elementi strutturali (vedi anche punto successivo), verifiche a capacità portante orizzontale dei pali.
- Solo per la verifica a taglio dello spiccato della pila, il criterio adottato è quello della gerarchia delle resistenze, così come indicato al punto 7.9.5.5.1 delle NTC
- Per l'azione sismica verticale si adotta $q=1$

4.6.8 Analisi Dinamica Lineare

Per applicare l'analisi statica lineare secondo NTC 7.9.4.1 devono essere soddisfatti i seguenti requisiti :

- per entrambe le direzioni longitudinale e trasversale, in ponti a travate semplicemente appoggiate e purché la massa efficace di ciascuna pila non sia superiore ad 1/5 della massa di impalcato da essa portata;
- nella direzione longitudinale, per ponti rettilinei a travata continua e purché la massa efficace complessiva delle pile facenti parte del sistema resistente al sisma non sia superiore ad 1/5 della massa dell'impalcato;
- nella direzione trasversale, per ponti che soddisfino la condizione b) e siano simmetrici rispetto alla mezzeria longitudinale, o abbiano un'eccentricità non superiore al 5% della lunghezza del ponte. L'eccentricità è la distanza tra baricentro delle masse e centro delle rigidezze delle pile facenti parte del sistema resistente al sisma nella direzione trasversale.

Non essendo soddisfatti i suddetti criteri per l'analisi statica si svolge una Analisi Dinamica Lineare. L'analisi viene svolta considerando per la pila una rigidezza non fessurata e fessurata con riduzione della rigidezza pari ad al 50%.

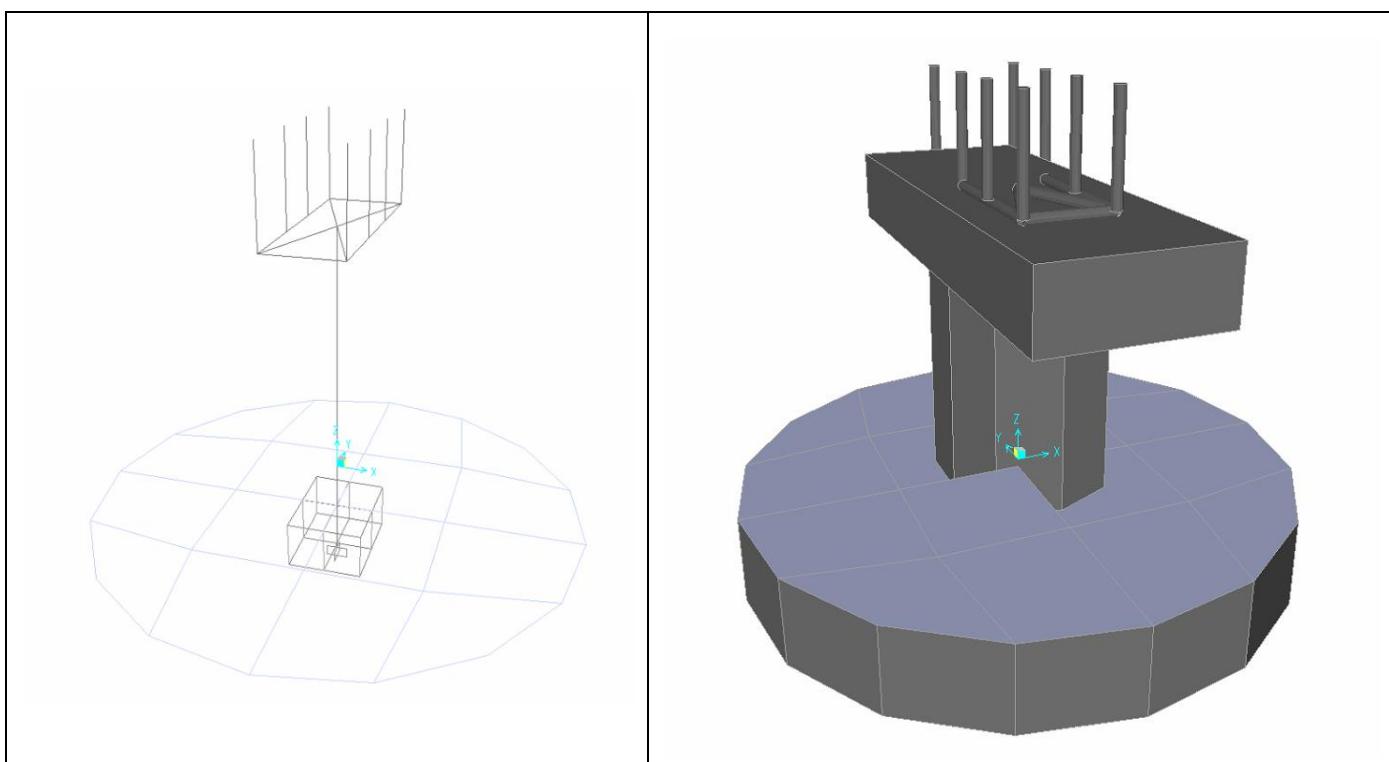
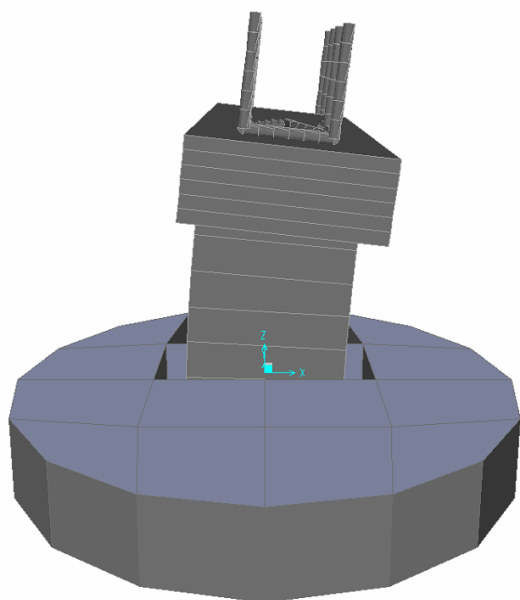


Figura 1: Modello FEM

Si riportano di seguito i risultati della analisi modale:

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0.17777; f = 5.62520



Deformed Shape (MODAL) - Mode 2 - T = 0.13501; f = 7.40706

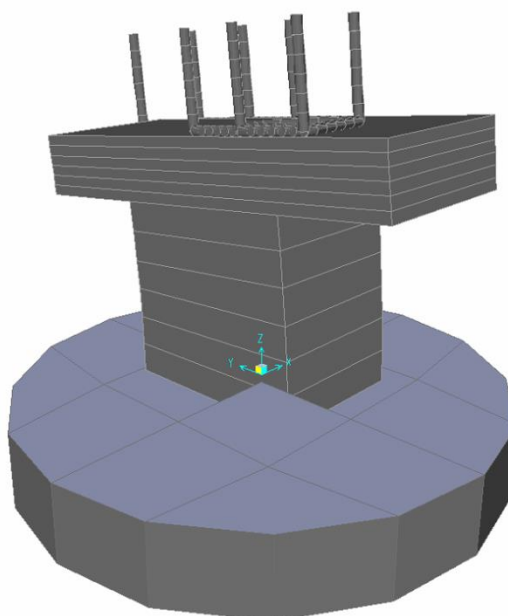


Figura 2: Modello FEM – Analisi Modale (100% rigidezza)

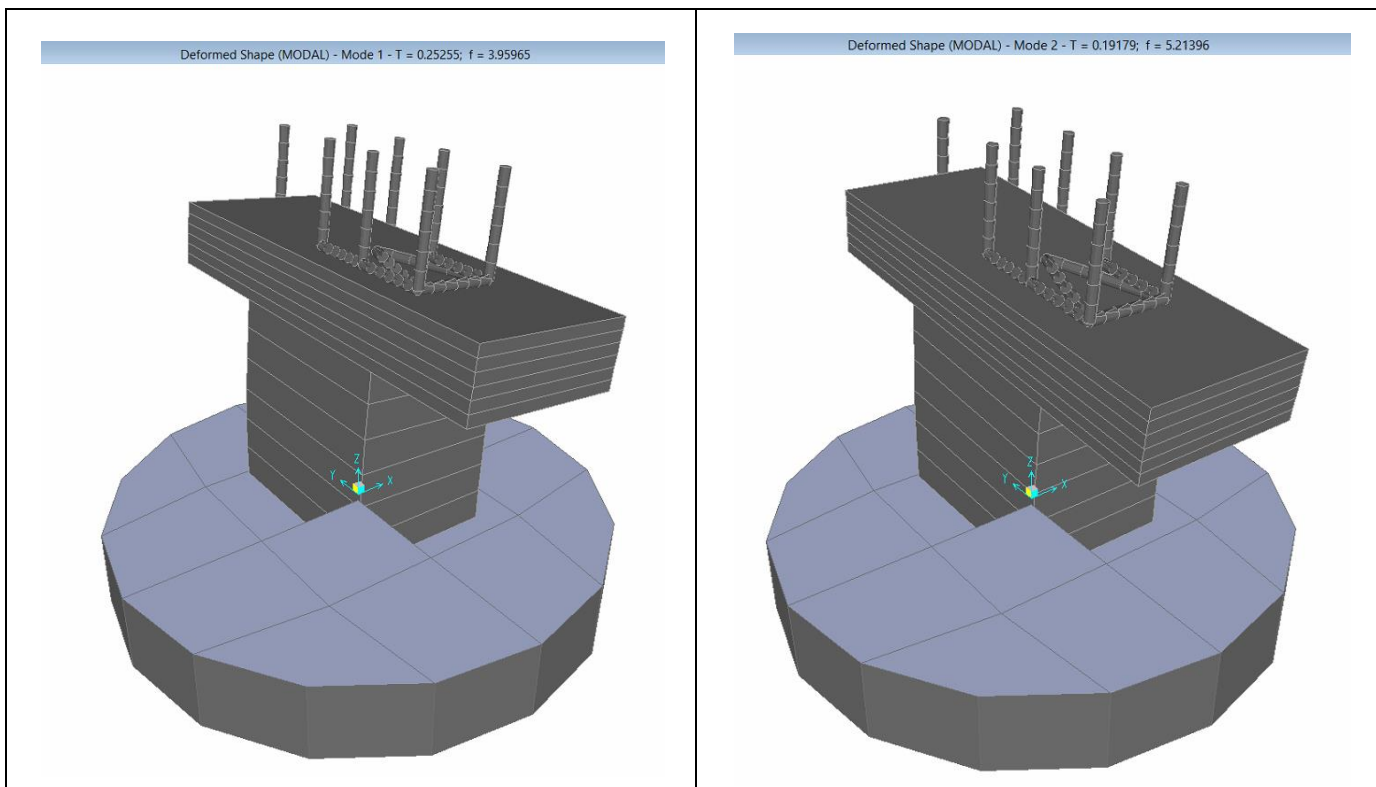


Figura 3: Modello FEM – Analisi Modale (50% rigidezza)

4.6.9 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, M_l, M_t 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.

4.6.10 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 N_{\max} , N_{\min} , T ed M .

SPICCATO PILA: condizione statica

| Descrizione carico | F_z | F_x | F_y | b_{ix} | b_{iy} | b_{iz} | M_x | M_y |
|----------------------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|-------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [m] | [m] | [m] | [kNm] | [kNm] |
| Pila | 8395 | | | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Vento su pila dir. x | | 196 | | 0,00 | 0,00 | 9,00 | 0 | 1760 |
| Vento su pila dir.y | | | 81,0 | 0,00 | 0,00 | 9,00 | 729 | 0 |

INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione statica

| Descrizione carico | F_z | F_x | F_y | b_{ix} | b_{iy} | b_{iz} | M_x | M_y |
|----------------------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|-------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [m] | [m] | [m] | [kNm] | [kNm] |
| Pila | 8395 | | | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Plinto | 19200 | | | 0,00 | 0,00 | 1,50 | 0,00 | 0 |
| Rinterro | 19655 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| Vento su pila dir. x | | 196 | | 0,00 | 0,00 | 12,00 | 0 | 2347 |
| Vento su pila dir.y | | | 81,0 | 0,00 | 0,00 | 12,00 | 972 | 0 |

INTRADOSSO FONDAZIONE: condizione sismica

| Descrizione carico | F_z | F_x | F_y | b_{ix} | b_{iy} | b_{iz} | M_x | M_y |
|--------------------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|-------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [m] | [m] | [m] | [kNm] | [kNm] |
| Plinto sisma x | | 4124 | | 0,00 | 0,00 | 1,50 | 0,00 | 6186 |
| Plinto sisma y | | | 4124 | 0,00 | 0,00 | 1,50 | 6186 | 0 |
| Plinto sisma z | 2062 | | | 0,00 | 0,00 | 1,50 | 0 | 0 |
| Rinterro sisma z | 2111 | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 |



Raddoppio della linea Genova-Ventimiglia

Tratta finale Ligure-Andora

VI07_Viadotto su Torrente Arroscia da km 86+575 a km 86+935

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 39 di 55 |

4.7 Sollecitazioni

4.7.1 Base Pila

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA

| | | Nz,A [kN] | Tx,A [kN] | Ty,A [kN] | Mxx [kNm] | Myy [kNm] | |
|------------------|---------------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| SLU GEO | Nz,A _{max} | A2 - SLU - N max gr.1 | 57611 | 2040 | 1186 | 22126 | 19384 |
| | Tx,A _{max} | A2 - SLU - ML max gr.3 | 51268 | 3505 | 69 | 963 | 43303 |
| | Ty,A _{max} | A2 - SLU - Vento ponte scarico | 41191 | 179 | 1748 | 23945 | 1703 |
| | Mxx _{max} | A2 - SLU - Vento ponte scarico | 41191 | 179 | 1748 | 23945 | 1703 |
| | Myy _{max} | A2 - SLU - ML max gr.3 | 51268 | 3505 | 69 | 963 | 43303 |
| SLU STR | Nz,A _{max} | A1 - SLU - N max gr.1 | 72176 | 2338 | 1370 | 25578 | 22213 |
| | Tx,A _{max} | A1 - SLU - ML max gr.3 | 64819 | 3949 | 80 | 1117 | 49117 |
| | Ty,A _{max} | A1 - SLU - Vento ponte scarico | 53129 | 179 | 2017 | 27629 | 1703 |
| | Mxx _{max} | A1 - SLU - Vento ponte scarico | 53129 | 179 | 2017 | 27629 | 1703 |
| | Myy _{max} | A1 - SLU - ML max gr.3 | 64819 | 3949 | 80 | 1117 | 49117 |
| SLE RARA | Nz,A _{max} | SLE rara - N max gr.1 | 51411 | 1668 | 917 | 17259 | 15848 |
| | Tx,A _{max} | SLE rara - ML max gr.3 | 46337 | 2836 | 55 | 770 | 34941 |
| | Ty,A _{max} | SLE rara - N max gr.1 | 51411 | 1668 | 917 | 17259 | 15848 |
| | Mxx _{max} | SLE rara - N max gr.1 | 51411 | 1668 | 917 | 17259 | 15848 |
| | Myy _{max} | SLE rara - ML max gr.3 | 46337 | 2836 | 55 | 770 | 34941 |
| SI SLE FREQUENTI | Nz,A _{max} | SLE RARA.- N max gr.4 | 41129 | 2298 | 895 | 16017 | 21833 |
| | Tx,A _{max} | SLE RARA.- ML max gr.4 | 37069 | 2416 | 88 | 1232 | 29338 |
| | Ty,A _{max} | SLE RARA.- N max gr.4 | 41129 | 2298 | 895 | 16017 | 21833 |
| | Mxx _{max} | SLE RARA.- N max gr.4 | 41129 | 2298 | 895 | 16017 | 21833 |
| | Myy _{max} | SLE RARA.- ML max gr.4 | 37069 | 2416 | 88 | 1232 | 29338 |
| | | SLE quasi permanente | 38275 | 179 | 0 | 0 | 1703 |
| SLV q=1.5 | Nz,A _{max} | SLV - N max | 45054 | 4748 | 4173 | 59350 | 45107 |
| | Tx,A _{max} | SLV - ML max gr.1 | 41133 | 14433 | 4173 | 58417 | 138725 |
| | Ty,A _{max} | SLV - MT max gr.1 | 42148 | 4748 | 13857 | 194938 | 45107 |
| | Mxx _{max} | SLV - MT max gr.1 | 42148 | 4748 | 13857 | 194938 | 45107 |
| | Myy _{max} | SLV - ML max gr.1 | 41133 | 14433 | 4173 | 58417 | 138725 |
| SLV q=1.36 | Nz,A _{max} | SLV - N max | 45054 | 5175 | 4600 | 64865 | 49166 |
| | Tx,A _{max} | SLV - ML max gr.1 | 41133 | 15857 | 4600 | 64399 | 152255 |
| | Ty,A _{max} | SLV - MT max gr.1 | 42148 | 5175 | 15282 | 214410 | 49166 |
| | Mxx _{max} | SLV - MT max gr.1 | 42148 | 5175 | 15282 | 214410 | 49166 |
| | Myy _{max} | SLV - ML max gr.1 | 41133 | 15857 | 4600 | 64399 | 152255 |
| SLV q=1 | Nz,A _{max} | SLV - N max | 45054 | 6823 | 6248 | 88405 | 64822 |
| | Tx,A _{max} | SLV - ML max gr.1 | 41133 | 21351 | 6248 | 87471 | 204443 |
| | Ty,A _{max} | SLV - MT max gr.1 | 42148 | 6823 | 20775 | 291786 | 64822 |
| | Mxx _{max} | SLV - MT max gr.1 | 42148 | 6823 | 20775 | 291786 | 64822 |
| | Myy _{max} | SLV - ML max gr.1 | 41133 | 21351 | 6248 | 87471 | 204443 |

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila – Analisi Statica

| TABLE: Section Cut Forces - Analysis | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------|
| SectionCut | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
| Text | Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m |
| base pila | EX_3 | Combination | Max | 4829,373 | 1429,149 | 39157,704 | 17252,4799 | 55346,2516 | 0,1744 |
| base pila | EX_3 | Combination | Min | -4829,372 | -1429,143 | 39157,702 | -15387,5393 | -55346,2491 | -0,1735 |
| base pila | EX_2 | Combination | Max | 4829,373 | 1429,149 | 39157,704 | 17252,4799 | 55346,2516 | 0,1744 |
| base pila | EX_2 | Combination | Min | -4829,372 | -1429,143 | 39157,702 | -15387,5393 | -55346,2491 | -0,1735 |
| base pila | EX_1 | Combination | Max | 4829,373 | 1429,149 | 39157,704 | 17252,4799 | 55346,2516 | 0,1744 |
| base pila | EX_1 | Combination | Min | -4829,372 | -1429,143 | 39157,702 | -15387,5393 | -55346,2491 | -0,1735 |
| base pila | EX_4 | Combination | Max | 4829,373 | 1429,149 | 39157,704 | 17252,4799 | 55346,2516 | 0,1744 |
| base pila | EX_4 | Combination | Min | -4829,372 | -1429,143 | 39157,702 | -15387,5393 | -55346,2491 | -0,1735 |
| base pila | EY_1 | Combination | Max | 1448,825 | 4763,721 | 39157,704 | 55331,4928 | 16604,0317 | 0,0721 |
| base pila | EY_1 | Combination | Min | -1448,824 | -4763,715 | 39157,702 | -53466,5522 | -16604,0292 | -0,0712 |
| base pila | EY_2 | Combination | Max | 1448,825 | 4763,721 | 39157,704 | 55331,4928 | 16604,0317 | 0,0721 |
| base pila | EY_2 | Combination | Min | -1448,824 | -4763,715 | 39157,702 | -53466,5522 | -16604,0292 | -0,0712 |
| base pila | EY_3 | Combination | Max | 1448,825 | 4763,721 | 39157,704 | 55331,4928 | 16604,0317 | 0,0721 |
| base pila | EY_3 | Combination | Min | -1448,824 | -4763,715 | 39157,702 | -53466,5522 | -16604,0292 | -0,0712 |
| base pila | EY_4 | Combination | Max | 1448,825 | 4763,721 | 39157,704 | 55331,4928 | 16604,0317 | 0,0721 |
| base pila | EY_4 | Combination | Min | -1448,824 | -4763,715 | 39157,702 | -53466,5522 | -16604,0292 | -0,0712 |

Tabella 4 – Sollecitazioni della base della pila Dinamica 50%(EI)

| TABLE: Section Cut Forces - Analysis | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------|
| SectionCut | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
| Text | Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m |
| base pila | EX_3 | Combination | Max | 4828,573 | 1417,535 | 39157,702 | 17121,2818 | 55344,8662 | 0,0863 |
| base pila | EX_3 | Combination | Min | -4828,573 | -1417,532 | 39157,701 | -15256,3127 | -55344,8649 | -0,0859 |
| base pila | EX_2 | Combination | Max | 4828,573 | 1417,535 | 39157,702 | 17121,2818 | 55344,8662 | 0,0863 |
| base pila | EX_2 | Combination | Min | -4828,573 | -1417,532 | 39157,701 | -15256,3127 | -55344,8649 | -0,0859 |
| base pila | EX_1 | Combination | Max | 4828,573 | 1417,535 | 39157,702 | 17121,2818 | 55344,8662 | 0,0863 |
| base pila | EX_1 | Combination | Min | -4828,573 | -1417,532 | 39157,701 | -15256,3127 | -55344,8649 | -0,0859 |
| base pila | EX_4 | Combination | Max | 4828,573 | 1417,535 | 39157,702 | 17121,2818 | 55344,8662 | 0,0863 |
| base pila | EX_4 | Combination | Min | -4828,573 | -1417,532 | 39157,701 | -15256,3127 | -55344,8649 | -0,0859 |
| base pila | EY_1 | Combination | Max | 1448,579 | 4725,06 | 39157,703 | 54894,6404 | 16603,5372 | 0,0356 |
| base pila | EY_1 | Combination | Min | -1448,578 | -4725,057 | 39157,7 | -53029,6713 | -16603,536 | -0,0352 |
| base pila | EY_2 | Combination | Max | 1448,579 | 4725,06 | 39157,703 | 54894,6404 | 16603,5372 | 0,0356 |
| base pila | EY_2 | Combination | Min | -1448,578 | -4725,057 | 39157,7 | -53029,6713 | -16603,536 | -0,0352 |
| base pila | EY_3 | Combination | Max | 1448,579 | 4725,06 | 39157,703 | 54894,6404 | 16603,5372 | 0,0356 |
| base pila | EY_3 | Combination | Min | -1448,578 | -4725,057 | 39157,7 | -53029,6713 | -16603,536 | -0,0352 |
| base pila | EY_4 | Combination | Max | 1448,579 | 4725,06 | 39157,703 | 54894,6404 | 16603,5372 | 0,0356 |
| base pila | EY_4 | Combination | Min | -1448,578 | -4725,057 | 39157,7 | -53029,6713 | -16603,536 | -0,0352 |

Tabella 5 – Sollecitazioni della base della pila Dinamica 100%(EI)



Raddoppio della linea Genova-Ventimiglia

Tratta finale Ligure-Andora

VI07_Viadotto su Torrente Arroscia da km 86+575 a km 86+935

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 42 di 55 |

Come si può vedere dai valori massimi indicati in grassetto (per $q=1$), le sollecitazioni della Analisi Lineare Statica sono superiori rispetto a quelli ottenuti dall'analisi Dinamica; pertanto in favore di sicurezza si adotteranno quelli ricavate dalla Analisi Lineare Statica.

4.7.2 *Plinto di fondazione*

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,A [kN] | Tx,A [kN] | Ty,A [kN] | Mxx [kNm] | Myy [kNm] |
|------------------|---------------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SLU GEO | Nz,A _{max} | A2 - SLU - N max gr.1 | 102363 | 2040 | 1186 | 25685 | 25505 |
| | Tx,A _{max} | A2 - SLU - ML max gr.3 | 96020 | 3505 | 69 | 1169 | 53819 |
| | Ty,A _{max} | A2 - SLU - Vento ponte scarico | 85943 | 179 | 1748 | 29189 | 2241 |
| | Mxx _{max} | A2 - SLU - Vento ponte scarico | 85943 | 179 | 1748 | 29189 | 2241 |
| | Myy _{max} | A2 - SLU - ML max gr.3 | 96020 | 3505 | 69 | 1169 | 53819 |
| SLU STR | Nz,A _{max} | A1 - SLU - N max gr.1 | 127579 | 2338 | 1370 | 29687 | 29227 |
| | Tx,A _{max} | A1 - SLU - ML max gr.3 | 120222 | 3949 | 80 | 1356 | 60963 |
| | Ty,A _{max} | A1 - SLU - Vento ponte scarico | 108532 | 179 | 2017 | 33679 | 2241 |
| | Mxx _{max} | A1 - SLU - Vento ponte scarico | 108532 | 179 | 2017 | 33679 | 2241 |
| | Myy _{max} | A1 - SLU - ML max gr.3 | 120222 | 3949 | 80 | 1356 | 60963 |
| SLE RARA | Nz,A _{max} | SLE rara - N max gr.1 | 90266 | 1668 | 917 | 20009 | 20852 |
| | Tx,A _{max} | SLE rara - ML max gr.3 | 85192 | 2836 | 55 | 935 | 43447 |
| | Ty,A _{max} | SLE rara - N max gr.1 | 90266 | 1668 | 917 | 20009 | 20852 |
| | Mxx _{max} | SLE rara - N max gr.1 | 90266 | 1668 | 917 | 20009 | 20852 |
| | Myy _{max} | SLE rara - ML max gr.3 | 85192 | 2836 | 55 | 935 | 43447 |
| SI SLE FREQUENTI | Nz,A _{max} | SLE RARA.- N max gr.4 | 72213 | 2298 | 895 | 18702 | 28727 |
| | Tx,A _{max} | SLE RARA.- ML max gr.4 | 68154 | 2416 | 88 | 1496 | 36585 |
| | Ty,A _{max} | SLE RARA.- N max gr.4 | 72213 | 2298 | 895 | 18702 | 28727 |
| | Mxx _{max} | SLE RARA.- N max gr.4 | 72213 | 2298 | 895 | 18702 | 28727 |
| | Myy _{max} | SLE RARA.- ML max gr.4 | 68154 | 2416 | 88 | 1496 | 36585 |
| SI | | SLE quasi permanente | 77130 | 179 | 0 | 0 | 2241 |
| SLV q=1.5 | Nz,A _{max} | SLV - N max | 88083 | 5985 | 5410 | 73724 | 61207 |
| | Tx,A _{max} | SLV - ML max gr.1 | 81240 | 18557 | 5410 | 72791 | 188210 |
| | Ty,A _{max} | SLV - MT max gr.1 | 82255 | 5985 | 17982 | 242696 | 61207 |
| | Mxx _{max} | SLV - MT max gr.1 | 82255 | 5985 | 17982 | 242696 | 61207 |
| | Myy _{max} | SLV - ML max gr.3 | 76245 | 18557 | 5410 | 72791 | 188210 |
| SLV q=1.36 | Nz,A _{max} | SLV - N max | 88083 | 6413 | 5837 | 80521 | 66547 |
| | Tx,A _{max} | SLV - ML max gr.1 | 81240 | 19981 | 5837 | 80054 | 206013 |
| | Ty,A _{max} | SLV - MT max gr.1 | 82255 | 6413 | 19406 | 266442 | 66547 |
| | Mxx _{max} | SLV - MT max gr.1 | 82255 | 6413 | 19406 | 266442 | 66547 |
| | Myy _{max} | SLV - ML max gr.3 | 76245 | 19981 | 5837 | 80054 | 206013 |
| SLV q=1 | Nz,A _{max} | SLV - N max | 88083 | 8061 | 7485 | 109005 | 87148 |
| | Tx,A _{max} | SLV - ML max gr.1 | 81240 | 25475 | 7485 | 108071 | 274681 |
| | Ty,A _{max} | SLV - MT max gr.1 | 82255 | 8061 | 24899 | 360298 | 87148 |
| | Mxx _{max} | SLV - MT max gr.1 | 82255 | 8061 | 24899 | 360298 | 87148 |
| | Myy _{max} | SLV - ML max gr.1 | 81240 | 25475 | 7485 | 108071 | 274681 |

Tabella 6 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione
TABLE: Section Cut Forces - Analysis

| SectionCut | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
|------------|------------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------|
| Text | Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m |
| base pila | EX_3 | Combination | Max | 4828,573 | 1417,535 | 39157,702 | 17121,2818 | 55344,8662 | 0,0863 |
| base pila | EX_3 | Combination | Min | -4828,573 | -1417,532 | 39157,701 | -15256,3127 | -55344,8649 | -0,0859 |
| base pila | EX_2 | Combination | Max | 4828,573 | 1417,535 | 39157,702 | 17121,2818 | 55344,8662 | 0,0863 |
| base pila | EX_2 | Combination | Min | -4828,573 | -1417,532 | 39157,701 | -15256,3127 | -55344,8649 | -0,0859 |
| base pila | EX_1 | Combination | Max | 4828,573 | 1417,535 | 39157,702 | 17121,2818 | 55344,8662 | 0,0863 |
| base pila | EX_1 | Combination | Min | -4828,573 | -1417,532 | 39157,701 | -15256,3127 | -55344,8649 | -0,0859 |
| base pila | EX_4 | Combination | Max | 4828,573 | 1417,535 | 39157,702 | 17121,2818 | 55344,8662 | 0,0863 |
| base pila | EX_4 | Combination | Min | -4828,573 | -1417,532 | 39157,701 | -15256,3127 | -55344,8649 | -0,0859 |
| base pila | EY_1 | Combination | Max | 1448,579 | 4725,06 | 39157,703 | 54894,6404 | 16603,5372 | 0,0356 |
| base pila | EY_1 | Combination | Min | -1448,578 | -4725,057 | 39157,7 | -53029,6713 | -16603,536 | -0,0352 |
| base pila | EY_2 | Combination | Max | 1448,579 | 4725,06 | 39157,703 | 54894,6404 | 16603,5372 | 0,0356 |
| base pila | EY_2 | Combination | Min | -1448,578 | -4725,057 | 39157,7 | -53029,6713 | -16603,536 | -0,0352 |
| base pila | EY_3 | Combination | Max | 1448,579 | 4725,06 | 39157,703 | 54894,6404 | 16603,5372 | 0,0356 |
| base pila | EY_3 | Combination | Min | -1448,578 | -4725,057 | 39157,7 | -53029,6713 | -16603,536 | -0,0352 |
| base pila | EY_4 | Combination | Max | 1448,579 | 4725,06 | 39157,703 | 54894,6404 | 16603,5372 | 0,0356 |
| base pila | EY_4 | Combination | Min | -1448,578 | -4725,057 | 39157,7 | -53029,6713 | -16603,536 | -0,0352 |

Tabella 7 – Sollecitazioni intradosso fondazione - Dinamica 100%(EI)
TABLE: Section Cut Forces - Analysis

| SectionCut | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
|------------|------------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------|
| Text | Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m |
| base pila | EX_3 | Combination | Max | 4829,373 | 1429,149 | 39157,704 | 17252,4799 | 55346,2516 | 0,1744 |
| base pila | EX_3 | Combination | Min | -4829,372 | -1429,143 | 39157,702 | -15387,5393 | -55346,2491 | -0,1735 |
| base pila | EX_2 | Combination | Max | 4829,373 | 1429,149 | 39157,704 | 17252,4799 | 55346,2516 | 0,1744 |
| base pila | EX_2 | Combination | Min | -4829,372 | -1429,143 | 39157,702 | -15387,5393 | -55346,2491 | -0,1735 |
| base pila | EX_1 | Combination | Max | 4829,373 | 1429,149 | 39157,704 | 17252,4799 | 55346,2516 | 0,1744 |
| base pila | EX_1 | Combination | Min | -4829,372 | -1429,143 | 39157,702 | -15387,5393 | -55346,2491 | -0,1735 |
| base pila | EX_4 | Combination | Max | 4829,373 | 1429,149 | 39157,704 | 17252,4799 | 55346,2516 | 0,1744 |
| base pila | EX_4 | Combination | Min | -4829,372 | -1429,143 | 39157,702 | -15387,5393 | -55346,2491 | -0,1735 |
| base pila | EY_1 | Combination | Max | 1448,825 | 4763,721 | 39157,704 | 55331,4928 | 16604,0317 | 0,0721 |
| base pila | EY_1 | Combination | Min | -1448,824 | -4763,715 | 39157,702 | -53466,5522 | -16604,0292 | -0,0712 |
| base pila | EY_2 | Combination | Max | 1448,825 | 4763,721 | 39157,704 | 55331,4928 | 16604,0317 | 0,0721 |
| base pila | EY_2 | Combination | Min | -1448,824 | -4763,715 | 39157,702 | -53466,5522 | -16604,0292 | -0,0712 |
| base pila | EY_3 | Combination | Max | 1448,825 | 4763,721 | 39157,704 | 55331,4928 | 16604,0317 | 0,0721 |
| base pila | EY_3 | Combination | Min | -1448,824 | -4763,715 | 39157,702 | -53466,5522 | -16604,0292 | -0,0712 |
| base pila | EY_4 | Combination | Max | 1448,825 | 4763,721 | 39157,704 | 55331,4928 | 16604,0317 | 0,0721 |
| base pila | EY_4 | Combination | Min | -1448,824 | -4763,715 | 39157,702 | -53466,5522 | -16604,0292 | -0,0712 |

Tabella 8 – Sollecitazioni intradosso fondazione - Dinamica 50%(EI)

Come si può vedere dai valori massimi indicati in grassetto (per q=1), le sollecitazioni della Analisi Lineare Statica sono superiori rispetto a quelle ottenute dall'analisi Dinamica; pertanto in favore di sicurezza si adatteranno quelle ricavate dalla Analisi Lineare Statica.

4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

geo slu SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

| scalzamento con Tr=1 | | | | | | scalzamento con Tr=200 | | | | | |
|-----------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y | C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y |
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm | n° | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| A2 - SLU - N max gr.1 | 102363 | 2120 | 1303 | 25801 | 26268 | A2 - SLU - N max | 102363 | 2376 | 1521 | 26233 | 31318 |
| A2 - SLU - MT max gr.1 | 102363 | 2120 | 1265 | 25801 | 26268 | A2 - SLU - MT max | 102363 | 2588 | 1521 | 26233 | 31318 |
| A2 - SLU - ML max gr.1 | 96020 | 2272 | 217 | 2454 | 38177 | A2 - SLU - ML max | 96020 | 2741 | 473 | 2886 | 43226 |
| A2 - SLU - N max gr.3 | 102363 | 3432 | 1197 | 24632 | 42675 | A2 - SLU - N max | 102363 | 9166 | 1453 | 25064 | 47724 |
| A2 - SLU - MT max gr.3 | 102363 | 3432 | 1197 | 24632 | 42675 | A2 - SLU - MT max | 102363 | 3353 | 1453 | 25064 | 47724 |
| A2 - SLU - ML max gr.3 | 96020 | 3585 | 148 | 1285 | 54583 | A2 - SLU - ML max | 96020 | 3505 | 404 | 1717 | 59632 |
| A2 - SLU - Vento ponte | 85943 | 258 | 1827 | 29305 | 3004 | A2 - SLU - Vento | 85943 | 179 | 2083 | 29737 | 8054 |
| A2 - SLU Gmin - N max gr.1 | 102363 | 2120 | 1265 | 25801 | 26268 | A2 - SLU Gmin - N | 102363 | 2040 | 1521 | 26233 | 31318 |
| A2 - SLU Gmin - MT max | 102363 | 2120 | 1265 | 25801 | 26268 | A2 - SLU Gmin - MT | 102363 | 2040 | 1521 | 26233 | 31318 |
| A2 - SLU Gmin - ML max | 96020 | 2272 | 217 | 2454 | 38177 | A2 - SLU Gmin - ML | 96020 | 2193 | 473 | 2886 | 43226 |
| A2 - SLU Gmin - N max gr.3 | 102363 | 3432 | 1197 | 24632 | 42675 | A2 - SLU Gmin - N | 102363 | 3353 | 1453 | 25064 | 47724 |
| A2 - SLU Gmin - MT max | 102363 | 3432 | 1197 | 24632 | 42675 | A2 - SLU Gmin - MT | 102363 | 3353 | 1453 | 25064 | 47724 |
| A2 - SLU Gmin - ML max | 96020 | 3585 | 148 | 1285 | 54583 | A2 - SLU Gmin - ML | 96020 | 3505 | 404 | 1717 | 59632 |
| A2 - SLU Gmin - Vento ponte | 85943 | 258 | 1827 | 29305 | 3004 | A2 - SLU Gmin - | 85943 | 179 | 2083 | 29737 | 8054 |

Tabella 9 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. GEO SLU

slu str SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

| scalzamento con Tr=1 | | | | | | scalzamento con Tr=200 | | | | | |
|--------------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y | C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y |
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm | n° | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| A1 - SLU - N max gr.1 | 127579 | 2430 | 1504 | 29821 | 30108 | A1 - SLU - N max gr.1 | 8792 | 2725 | 1756 | 30319 | 35935 |
| A1 - SLU - MT max gr.1 | 127579 | 2430 | 1461 | 29821 | 30108 | A1 - SLU - MT max gr.1 | 8792 | 2971 | 1756 | 30319 | 35935 |
| A1 - SLU - ML max gr.1 | 120222 | 2606 | 251 | 2846 | 43910 | A1 - SLU - ML max gr.1 | 8449 | 3147 | 546 | 3344 | 49737 |
| A1 - SLU - N max gr.3 | 127579 | 3864 | 1381 | 28465 | 48042 | A1 - SLU - N max gr.3 | 8207 | 10480 | 1677 | 28963 | 53869 |
| A1 - SLU - MT max gr.3 | 127579 | 3864 | 1381 | 28465 | 48042 | A1 - SLU - MT max gr.3 | 8207 | 3773 | 1677 | 28963 | 53869 |
| A1 - SLU - ML max gr.3 | 120222 | 4040 | 171 | 1490 | 61844 | A1 - SLU - ML max gr.3 | 7864 | 3949 | 467 | 1988 | 67671 |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico | 108532 | 271 | 2108 | 33813 | 3122 | A1 - SLU - Vento ponte | 8031 | 179 | 2404 | 34312 | 8948 |
| A1 - SLU Gmin - N max gr.1 | 127579 | 2430 | 1461 | 29821 | 30108 | A1 - SLU Gmin - N max | 8792 | 2338 | 1756 | 30319 | 35935 |
| A1 - SLU Gmin - MT max gr.1 | 127579 | 2430 | 1461 | 29821 | 30108 | A1 - SLU Gmin - MT | 8792 | 2338 | 1756 | 30319 | 35935 |
| A1 - SLU Gmin - ML max gr.1 | 120222 | 2606 | 251 | 2846 | 43910 | A1 - SLU Gmin - ML | 8449 | 2514 | 546 | 3344 | 49737 |
| A1 - SLU Gmin - N max gr.3 | 127579 | 3864 | 1381 | 28465 | 48042 | A1 - SLU Gmin - N max | 8207 | 3773 | 1677 | 28963 | 53869 |
| A1 - SLU Gmin - MT max gr.3 | 127579 | 3864 | 1381 | 28465 | 48042 | A1 - SLU Gmin - MT | 8207 | 3773 | 1677 | 28963 | 53869 |
| A1 - SLU Gmin - ML max gr.3 | 120222 | 4040 | 171 | 1490 | 61844 | A1 - SLU Gmin - ML | 7864 | 3949 | 467 | 1988 | 67671 |
| A1 - SLU Gmin - Vento ponte | 108532 | 271 | 2108 | 33813 | 3122 | A1 - SLU Gmin - Vento | 8031 | 179 | 2404 | 34312 | 8948 |

Tabella 10 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. STR SLU

| <i>sis q=1.36 SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</i> | | | | | |
|--|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y |
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| SLV - N max | 88083 | 6413 | 5837 | 80521 | 66547 |
| SLV - MT max gr.1 | 82255 | 6413 | 19406 | 266442 | 66547 |
| SLV - ML max gr.1 | 81240 | 19981 | 5837 | 80054 | 206013 |
| SLV - MT max gr.3 | 77260 | 6413 | 19406 | 266442 | 66547 |
| SLV - ML max gr.3 | 76245 | 19981 | 5837 | 80054 | 206013 |
| SLV - N min | 71432 | 6413 | 5837 | 80521 | 66547 |

Tabella 11 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1.36

sis q=1 SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y |
|-------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| SLV - N max | 88083 | 8061 | 7485 | 109005 | 87148 |
| SLV - MT max gr.1 | 82255 | 8061 | 24899 | 360298 | 87148 |
| SLV - ML max gr.1 | 81240 | 25475 | 7485 | 108071 | 274681 |
| SLV - MT max gr.3 | 77260 | 8061 | 24899 | 360298 | 87148 |
| SLV - ML max gr.3 | 76245 | 25475 | 7485 | 108071 | 274681 |
| SLV - N min | 71432 | 8061 | 7485 | 109005 | 87148 |

Tabella 12 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y |
|--------------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| SLE rara - N max gr.1 | 90266 | 1729 | 978 | 20099 | 21439 |
| SLE rara - MT max gr.1 | 90266 | 1729 | 978 | 20099 | 21439 |
| SLE rara - ML max gr.1 | 85192 | 1846 | 171 | 1959 | 30910 |
| SLE rara - N max gr.3 | 90266 | 2779 | 923 | 19164 | 34564 |
| SLE rara - MT max gr.3 | 90266 | 2779 | 923 | 19164 | 34564 |
| SLE rara - ML max gr.3 | 85192 | 2896 | 116 | 1024 | 44035 |
| SLE rara - Vento ponte scarico | 77130 | 168 | 900 | 13950 | 1932 |

Tabella 13 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

sle RARA GR 4 SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

| scalzamento con Tr=1 | | | | | |
|------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y |
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| SLE RARA.- N max gr.4 | 72213 | 2359 | 956 | 18791 | 29314 |
| SLE RARA.- MT max gr.4 | 72213 | 2359 | 956 | 18791 | 29314 |
| SLE RARA.- ML max gr.4 | 68154 | 2476 | 149 | 1585 | 37172 |

Tabella 14 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE RARA GR 4

4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della pila 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)

4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

| Direzione | | Long.(Myy,Tx) | Trasv(Mxx,Ty) | |
|--|---------------|---------------|---------------|------|
| Altezza pila | H | 9,5 | 9,5 | m |
| Fattore di struttura | | 1,5 | 1,5 | |
| Fattore di sovrarresistenza (eq. 7.9.7) | γ_{Rd} | 1 | 1 | |
| Fattore di sovrarresistenza filtrato (eq. 7.9.7) | γ_{Rd} | 1 | 1 | |
| Taglio agente (q=1) | V | 21351 | 20775 | kN |
| Momento agente (q=1) | M | 204443 | 291786 | kN*m |
| Taglio agente (con q) | VEd | 14433 | 13857 | kN |
| Momento agente (con q) | MEd | 138725 | 194938 | kN*m |
| Momento Resistente | MRd | 205184,26 | 247477,4 | kN*m |
| Rapporto di sovrarresistenza | MRd/MEd | 1,48 | 1,27 | |
| Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11) | | NON CRITICA | CRITICA | |
| Angolo inclinazione bielle compresse | Teta | da calc. | 45 | |
| Limite superiore Vgr | Vgr.max= V | 21351 | 20775 | kN |
| Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12) | Vgr | 21347 | 17592 | kN |
| Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12) | Vgr | 21347 | 17592 | kN |
| fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10) | γ_{Bd} | 1 | 1,07 | |
| fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10) | γ_{Bd} | 1 | 1,07 | |
| Riassumendo | | | | |
| Taglio di calcolo | Vgr | 21347 | 17592 | kN |
| fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10) | γ_{Bd} | 1,24 | 1,07 | |
| Angolo inclinazione bielle compresse | Teta | da calc. | 45 | |

La sezione è armata con:

$$A_s = \phi 30/10 + \phi 30/10 \quad \text{staffe } \phi 16/10$$

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 49 di 55 |

| | | |
|----------------|---|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.8 MPa |
| | Resis. compr. ridotta fcd': | 9.4 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 |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 18.3 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 18.3 MPa |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 13.3 MPa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |

| | | |
|-----------|--|-----------------------------|
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 450.0 MPa |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 450.0 MPa |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.3 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.3 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 daN/cm ² |
| | 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: | 337.50 MPa |

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -225.0 | 85.0 |
| 2 | -159.0 | 244.0 |
| 3 | 0.0 | 310.0 |
| 4 | 159.0 | 244.0 |
| 5 | 225.0 | 85.0 |
| 6 | 225.0 | -85.0 |
| 7 | 159.0 | -244.0 |
| 8 | 0.0 | -310.0 |
| 9 | -159.0 | -244.0 |
| 10 | -225.0 | -85.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -210.0 | 82.0 | 30 |
| 2 | -147.5 | 232.5 | 30 |
| 3 | 0.0 | 293.8 | 30 |
| 4 | 147.5 | 232.5 | 30 |
| 5 | 210.0 | 82.0 | 30 |
| 6 | 210.0 | -82.0 | 30 |
| 7 | 147.5 | -232.5 | 30 |
| 8 | 0.0 | -293.8 | 30 |

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 50 di 55 |

| | | | |
|----|--------|--------|----|
| 9 | -147.5 | -232.5 | 30 |
| 10 | -210.0 | -82.0 | 30 |
| 11 | -200.0 | 80.0 | 30 |
| 12 | -140.0 | 225.0 | 30 |
| 13 | 0.0 | 283.0 | 30 |
| 14 | 140.0 | 225.0 | 30 |
| 15 | 200.0 | 80.0 | 30 |
| 16 | 200.0 | -80.0 | 30 |
| 17 | 140.0 | -225.0 | 30 |
| 18 | 0.0 | -283.0 | 30 |
| 19 | -140.0 | -225.0 | 30 |
| 20 | -200.0 | -80.0 | 30 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 2 | 16 | 30 |
| 2 | 2 | 3 | 16 | 30 |
| 3 | 3 | 4 | 16 | 30 |
| 4 | 4 | 5 | 16 | 30 |
| 5 | 5 | 6 | 16 | 30 |
| 6 | 6 | 7 | 16 | 30 |
| 7 | 7 | 8 | 16 | 30 |
| 8 | 8 | 9 | 16 | 30 |
| 9 | 9 | 10 | 16 | 30 |
| 10 | 10 | 1 | 16 | 30 |
| 11 | 11 | 12 | 16 | 30 |
| 12 | 12 | 13 | 16 | 30 |
| 13 | 13 | 14 | 16 | 30 |
| 14 | 14 | 15 | 16 | 30 |
| 15 | 15 | 16 | 16 | 30 |
| 16 | 16 | 17 | 16 | 30 |
| 17 | 17 | 18 | 16 | 30 |
| 18 | 18 | 19 | 16 | 30 |
| 19 | 19 | 20 | 16 | 30 |
| 20 | 20 | 11 | 16 | 30 |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|---|----|----|----|----|
|---------|---|----|----|----|----|

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 51 di 55 |

| | | | | | |
|----|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 57611.00 | 22126.00 | 19384.00 | 1186.00 | 2040.00 |
| 2 | 51268.00 | 963.00 | 43303.00 | 69.00 | 3505.00 |
| 3 | 41191.00 | 23945.00 | 1703.00 | 1748.00 | 179.00 |
| 4 | 41191.00 | 23945.00 | 1703.00 | 1748.00 | 179.00 |
| 5 | 51268.00 | 963.00 | 43303.00 | 69.00 | 3505.00 |
| 6 | 72176.00 | 25578.00 | 22213.00 | 1370.00 | 2338.00 |
| 7 | 64819.00 | 1117.00 | 49117.00 | 80.00 | 3949.00 |
| 8 | 53129.00 | 27629.00 | 1703.00 | 2017.00 | 179.00 |
| 9 | 53129.00 | 27629.00 | 1703.00 | 2017.00 | 179.00 |
| 10 | 64819.00 | 1117.00 | 49117.00 | 80.00 | 3949.00 |

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 | 51411.00 | 17259.00 | 15848.00 |
| 2 | 46337.00 | 770.00 | 34941.00 |
| 3 | 51411.00 | 17259.00 | 15848.00 |
| 4 | 51411.00 | 17259.00 | 15848.00 |
| 5 | 46337.00 | 770.00 | 34941.00 |

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 | 41129.00 | 16017.00 (0.00) | 21833.00 (0.00) |
| 2 | 37069.00 | 1232.00 (12041.89) | 29338.00 (286757.29) |
| 3 | 41129.00 | 16017.00 (0.00) | 21833.00 (0.00) |
| 4 | 41129.00 | 16017.00 (0.00) | 21833.00 (0.00) |
| 5 | 37069.00 | 1232.00 (12041.89) | 29338.00 (286757.29) |

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 | 38275.00 | 0.00 (0.00) | 1703.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 52 di 55 |

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

| | |
|-----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione) |
| Mx | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| N Res | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.) |
| Mx Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) |
| | Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm ²]. [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 | 57611.00 | 22126.00 | 19384.00 | 57611.23 | 209031.04 | 184892.60 | 9.49 | 2403.3(658.8) |
| 2 | S | 51268.00 | 963.00 | 43303.00 | 51267.71 | 5035.44 | 241127.92 | 5.57 | 2403.3(658.8) |
| 3 | S | 41191.00 | 23945.00 | 1703.00 | 41191.27 | 294381.60 | 20929.54 | 12.29 | 2403.3(658.8) |
| 4 | S | 41191.00 | 23945.00 | 1703.00 | 41191.27 | 294381.60 | 20929.54 | 12.29 | 2403.3(658.8) |
| 5 | S | 51268.00 | 963.00 | 43303.00 | 51267.71 | 5035.44 | 241127.92 | 5.57 | 2403.3(658.8) |
| 6 | S | 72176.00 | 25578.00 | 22213.00 | 72175.95 | 223833.50 | 192703.97 | 8.72 | 2403.3(658.8) |
| 7 | S | 64819.00 | 1117.00 | 49117.00 | 64819.19 | 5404.11 | 255295.33 | 5.20 | 2403.3(658.8) |
| 8 | S | 53129.00 | 27629.00 | 1703.00 | 53129.08 | 311405.18 | 18412.60 | 11.27 | 2403.3(658.8) |
| 9 | S | 53129.00 | 27629.00 | 1703.00 | 53129.08 | 311405.18 | 18412.60 | 11.27 | 2403.3(658.8) |
| 10 | S | 64819.00 | 1117.00 | 49117.00 | 64819.19 | 5404.11 | 255295.33 | 5.20 | 2403.3(658.8) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | 159.0 | 244.0 | 0.00318 | 147.5 | 232.5 | -0.00682 | -147.5 | -232.5 |
| 2 | 0.00350 | 225.0 | 85.0 | 0.00309 | 210.0 | 82.0 | -0.00827 | -210.0 | -82.0 |
| 3 | 0.00350 | 0.0 | 310.0 | 0.00318 | 0.0 | 293.8 | -0.00829 | 0.0 | -293.8 |
| 4 | 0.00350 | 0.0 | 310.0 | 0.00318 | 0.0 | 293.8 | -0.00829 | 0.0 | -293.8 |
| 5 | 0.00350 | 225.0 | 85.0 | 0.00309 | 210.0 | 82.0 | -0.00827 | -210.0 | -82.0 |
| 6 | 0.00350 | 159.0 | 244.0 | 0.00321 | 147.5 | 232.5 | -0.00603 | -147.5 | -232.5 |
| 7 | 0.00350 | 225.0 | 85.0 | 0.00313 | 210.0 | 82.0 | -0.00724 | -210.0 | -82.0 |
| 8 | 0.00350 | 0.0 | 310.0 | 0.00321 | 0.0 | 293.8 | -0.00742 | 0.0 | -293.8 |
| 9 | 0.00350 | 0.0 | 310.0 | 0.00321 | 0.0 | 293.8 | -0.00742 | 0.0 | -293.8 |
| 10 | 0.00350 | 225.0 | 85.0 | 0.00313 | 210.0 | 82.0 | -0.00724 | -210.0 | -82.0 |

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 |

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 53 di 55 |

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|------|--------|
| 1 | 0.000016388 | 0.000011118 | -0.001818442 | ---- | ---- |
| 2 | 0.000026934 | 0.000000334 | -0.002588600 | ---- | ---- |
| 3 | 0.000002356 | 0.000019527 | -0.002553432 | ---- | ---- |
| 4 | 0.000002356 | 0.000019527 | -0.002553432 | ---- | ---- |
| 5 | 0.000026934 | 0.000000334 | -0.002588600 | ---- | ---- |
| 6 | 0.000014896 | 0.000010416 | -0.001410017 | ---- | ---- |
| 7 | 0.000024573 | 0.000000317 | -0.002055802 | ---- | ---- |
| 8 | 0.000001830 | 0.000018086 | -0.002106801 | ---- | ---- |
| 9 | 0.000001830 | 0.000018086 | -0.002106801 | ---- | ---- |
| 10 | 0.000024573 | 0.000000317 | -0.002055802 | ---- | ---- |

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 16 mm
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [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]
La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)
I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
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 calcestruzzo
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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 | 2354.01 | 64897.52 | 14427.60417.0 | 366.8 | 479.1 | 2.500 | 1.140 | 6.6 | 40.2(0.0) |
| 2 | S | 3505.59 | 66378.75 | 13560.31387.3 | 344.7 | 528.4 | 2.500 | 1.124 | 10.4 | 40.2(0.0) |
| 3 | S | 1756.86 | 65885.82 | 17914.06509.3 | 455.4 | 405.9 | 2.500 | 1.100 | 3.9 | 40.2(0.0) |
| 4 | S | 1756.86 | 65885.82 | 17914.06509.3 | 455.4 | 405.9 | 2.500 | 1.100 | 3.9 | 40.2(0.0) |
| 5 | S | 3505.59 | 66378.75 | 13560.31387.3 | 344.7 | 528.4 | 2.500 | 1.124 | 10.4 | 40.2(0.0) |
| 6 | S | 2701.11 | 66865.11 | 14181.47415.9 | 360.5 | 487.1 | 2.500 | 1.175 | 7.7 | 40.2(0.0) |
| 7 | S | 3949.70 | 67977.09 | 13300.15385.2 | 338.1 | 536.1 | 2.500 | 1.157 | 11.9 | 40.2(0.0) |
| 8 | S | 2024.77 | 67762.20 | 17606.84506.5 | 447.6 | 413.8 | 2.500 | 1.129 | 4.6 | 40.2(0.0) |
| 9 | S | 2024.77 | 67762.20 | 17606.84506.5 | 447.6 | 413.8 | 2.500 | 1.129 | 4.6 | 40.2(0.0) |
| 10 | S | 3949.70 | 67977.09 | 13300.15385.2 | 338.1 | 536.1 | 2.500 | 1.157 | 11.9 | 40.2(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 calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [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 | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 54 di 55 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------|-------|------|--------|--------|------|------|
| 1 | S | 3.34 | 159.0 | 244.0 | 11.5 | -147.5 | -232.5 | --- | --- |
| 2 | S | 3.92 | 225.0 | 85.0 | -2.4 | -210.0 | -82.0 | 2392 | 91.9 |
| 3 | S | 3.34 | 159.0 | 244.0 | 11.5 | -147.5 | -232.5 | --- | --- |
| 4 | S | 3.34 | 159.0 | 244.0 | 11.5 | -147.5 | -232.5 | --- | --- |
| 5 | S | 3.92 | 225.0 | 85.0 | -2.4 | -210.0 | -82.0 | 2392 | 91.9 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

| | |
|-------------|--|
| Ver. | Esito della verifica |
| e1 | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata |
| e2 | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata |
| k1 | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2] |
| kt | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2] |
| k2 | = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2] |
| k3 | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali |
| k4 | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali |
| Ø | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2] |
| Cf | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max | Massima distanza tra le fessure [mm] |
| wk | Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
| Mx fess. | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm] |
| My fess. | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm] |

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|-----|-------------------|--------|--------------|---------|-----------|
| 1 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00002 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 135 | 0.00001 (0.00001) | 592 | 0.004 (0.20) | 8438.26 | 382910.84 |
| 3 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 4 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 5 | S | -0.00002 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 135 | 0.00001 (0.00001) | 592 | 0.004 (0.20) | 8438.26 | 382910.84 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 3.14 | 159.0 | 244.0 | 2.6 | -147.5 | -232.5 | --- | --- |
| 2 | S | 3.23 | 225.0 | 85.0 | -3.4 | -210.0 | -82.0 | 1016 | 28.3 |
| 3 | S | 3.14 | 159.0 | 244.0 | 2.6 | -147.5 | -232.5 | --- | --- |
| 4 | S | 3.14 | 159.0 | 244.0 | 2.6 | -147.5 | -232.5 | --- | --- |
| 5 | S | 3.23 | 225.0 | 85.0 | -3.4 | -210.0 | -82.0 | 1016 | 28.3 |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|-----|-------------------|--------|--------------|----------|-----------|
| 1 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00003 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 135 | 0.00001 (0.00001) | 642 | 0.007 (0.20) | 12041.89 | 286757.29 |
| 3 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 4 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 5 | S | -0.00003 | 0.00000 | 0.500 | 30.0 | 135 | 0.00001 (0.00001) | 642 | 0.007 (0.20) | 12041.89 | 286757.29 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 1.60 | 225.0 | 85.0 | 21.0 | -210.0 | 72.4 | --- | --- |



Raddoppio della linea Genova-Ventimiglia

Tratta finale Ligure-Andora

VI07_Viadotto su Torrente Arroscia da km 86+575 a km 86+935

Relazione di calcolo pila tipo 2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 09 CL | VI0705002 | A | 55 di 55 |

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

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

4.9.2 Zattera di fondazione

Si rimanda alla relazione di calcolo della pila tipo 1