

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

VIADOTTI IN INTERFERENZA

IV01 - CAVALCAFERROVIA SU NV07

Relazione di calcolo pila 2/2

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 09 CL IV0100 006 C

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|---------------------------------|----------|------------|----------|---------------|----------|--|
| A | Emissione Esecutiva | ATI Sintagma Rocksoll - Edin | Gen-2020 | A.Ferr | Gen-2020 | A.Barreca | Gen-2020 | ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Paolo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A 20783 |
| B | Emissione Esecutiva | ATI Sintagma Rocksoll - Edin | Feb-2020 | A.Ferr | Feb-2020 | A.Barreca | Feb-2020 | |
| C | Emissione Esecutiva | ATI Sintagma Rocksoll - Edin | Mag-2020 | A.Ferr | Mag-2020 | A.Barreca | Mag-2020 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File: RS3T.3.0.D.09.CL.IV.01.0.0.006.C

n. Elab.: 09_590

INDICE

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 1.1 | DESCRIZIONE DELL'OPERA | 4 |
| 2 | RIFERIMENTI NORMATIVI | 6 |
| 3 | MATERIALI | 7 |
| 3.1 | VERIFICA S.L.E. | 8 |
| 3.1.1 | <i>Verifiche alle tensioni</i> | 8 |
| 3.1.2 | <i>Verifiche a fessurazione</i> | 8 |
| 4 | ANALISI E VERIFICHE PILA | 10 |
| 4.1 | GENERALITÀ | 10 |
| 4.2 | MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE | 10 |
| 4.3 | CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO | 10 |
| 4.4 | SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA | 14 |
| 4.5 | GEOMETRIA DELLA PILA | 15 |
| 4.6 | ANALISI DEI CARICHI | 16 |
| 4.6.1 | <i>Peso proprio elementi strutturali</i> | 16 |
| 4.6.2 | <i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> | 16 |
| 4.6.3 | <i>Azione del Vento</i> | 18 |
| 4.6.4 | <i>Carichi da traffico verticali</i> | 20 |
| 4.6.5 | <i>Carichi da traffico orizzontali</i> | 22 |
| 4.6.6 | <i>Urto da traffico ferroviario</i> | 22 |
| 4.6.7 | <i>Azione sismica</i> | 22 |
| 4.6.8 | <i>Analisi Dinamica Lineare</i> | 26 |
| 4.6.9 | <i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> | 27 |
| 4.6.10 | <i>Riepilogo risultati</i> | 28 |
| 4.7 | SOLLECITAZIONI..... | 29 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.7.1 | <i>Plinto di fondazione</i> | 31 |
| 4.8 | PALI DI FONDAZIONE | 33 |
| 4.9 | VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI..... | 34 |
| 4.9.1 | <i>Pila</i> | 35 |
| 4.9.2 | <i>Zattera di fondazione</i> | 45 |
| 4.9.3 | <i>Palo di fondazione</i> | 47 |
| 4.10 | ESCURSIONE LONGITUDIANLE, GIUNTI E VARCHI | 52 |
| 4.11 | RITEGNI..... | 56 |

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al progetto definitivo della direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo nell'ambito del nuovo collegamento Palermo - Catania

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 IV01 sulla viabilità NV07. In particolare si tratterà la pila di altezza maggiore per tipologia di impalcati afferenti.

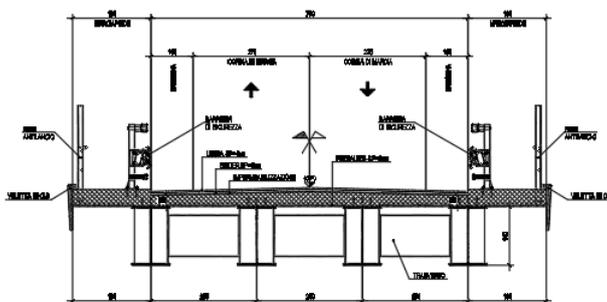
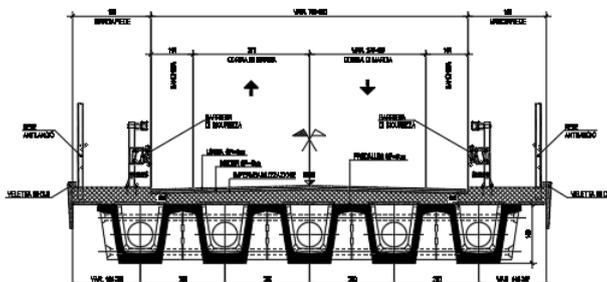
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

1.1 Descrizione dell'opera

Sulla NV07- Variante SP64 Continuità provinciale (Strada Extraurbana Principale F1 Corsia 3.50m + Banchina 1.00m b=9.00m) in corrispondenza della progressiva 0+160 viene previsto un viadotto di lunghezza totale di 196 m circa.

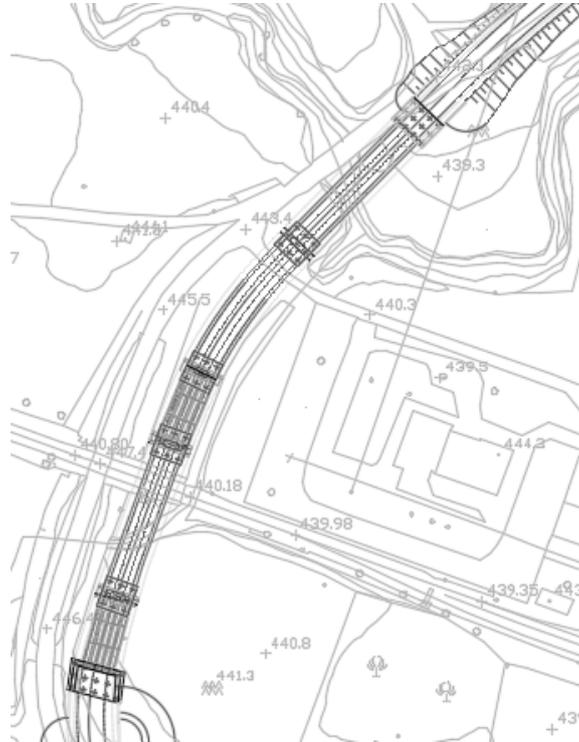
Il viadotto è suddiviso in 5 campate da 24.0, 49.0, 24.0, 49.0, 49.0 m di luce; gli impalcati di luce 24.0m saranno costituiti da cinque travi a cassone in calcestruzzo prefabbricato, mentre, le campate di luce 49.0m, da un sistema misto acciaio-calcestruzzo composto da 4 travi in carpenteria metallica e soletta superiore in c.a. collaborante.

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



RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 5 di 60 |



Sezione trasversale e pianta

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Ministero delle Infrastrutture, Circolare n°7 21 gennaio 2019, Istruzioni per l'Applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. 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

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

Calcestruzzo magro e getti di livellamento

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15
- TIPO CEMENTO CEM I±V
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XO

Calcestruzzo per pali di fondazione

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III±V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.60
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO MINIMO = 60 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 32 mm

Calcestruzzo per fondazioni

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C28/35
- TIPO CEMENTO CEM III±V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.60
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO = 40 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

Calcestruzzo elevazione

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM III±V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.50
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO = 40 mm (*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

IN BARRE E RETI ELETTRISALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

- Tensione di snervamento caratteristica $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

3.1 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

3.1.1 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 del 2019", 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 $0,75 f_{yk}$

3.1.2 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 | $\leq w_2$ |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 9 di 60 |

| | | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------------|---|-------------|------------|
| | | 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 17.1.2018, 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.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A) Viadotto IV01 | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2 | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 | CODIFICA D 09 CL | DOCUMENTO IV 01 00 006 | REV. C |

4 ANALISI E VERIFICHE PILA

4.1 Generalità

La pila presenta una sezione **rettangolare** di dimensioni 3.00x 5.00m, una altezza complessiva di 8.50m.

Il pulvino è costituito da una sezione piena di dimensione 3.7x 12.50m ed altezza 3.00m.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.20 m collegate in testa da una platea di spessore 2.50m.

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 | A2 |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti g_1 e g_3 | favorevoli | $\gamma_{G1} = \gamma_{G3}$ | 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_{Qk} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto | favorevoli | γ_{e1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,00 ⁽³⁾ | 1,00 ⁽⁴⁾ | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari | favorevoli | $\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$ | 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 |

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

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

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 |
| Altezza appoggio + baggiolo | h_{ap} | 0.45 | m |
| Pulvino | | | |
| Altezza | H_p | 3.00 | m |
| Lunghezza lungo asse X | b_p | 3.7 | m |
| Lunghezza lungo asse Y | L_p | 12.50 | m |
| Area Sezione | | 46.25 | m ² |
| % Vuoti sezione | | 0% | |
| Coordinata X del baricentro rispetto fondazione | x_p | 0.00 | m |
| Pila | | | |
| Altezza | H_m | 8.50 | m |
| Lunghezza lungo asse X | b_m | 3.00 | m |
| Lunghezza lungo asse Y | L_m | 5.00 | m |
| Area Sezione | | 13.01 | m ² |
| % Vuoti sezione | | 0% | |
| Coordinata X del baricentro rispetto fondazione | x_m | 0.00 | m |
| Distanza asse baggioli- asse pila (sx) | x_{m1} | -1.20 | m |
| Distanza asse baggioli- asse asse pila (dx) | x_{m2} | 1.00 | m |
| Plinto | | | |
| Altezza | H_f | 2.50 | m |
| Lunghezza lungo asse X | b_f | 9.60 | m |
| Lunghezza lungo asse Y | L_f | 9.60 | m |
| Spessore ricoprimento medio | h_t | 1.00 | m |
| Distanza asse baggioli - baricentro plinto (sx) | | -1.20 | 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 | ▼ |
| Sisma | | | |
| S_s | | 1.000 | |
| a_g | | 0.168 | |
| Coefficiente sismico orizzontale | k_h | 0.168 | |

Tabella 2 – Dati di input

4.6 Analisi dei carichi

4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ *Peso proprio strutture*

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

| Impalcato (sx) | | | |
|---|----------------|------------|------|
| N° Corsie convenzionali | | 3 | |
| Lunghezza | L | 25 | m |
| Peso Proprio | G ₁ | 230 | kN/m |
| Permanenti portati | G ₂ | 80 | kN/m |
| n° totale appoggi sulla pila | n | 5 | |
| Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n | R _i | 575.0 | kN |
| Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n | R _i | 200.0 | kN |

| Impalcato (dx) | | | |
|---|----------------|------------|------|
| N° Corsie convenzionali | | 3 | |
| Lunghezza | L | 50 | m |
| Peso Proprio | G1 | 140 | kN/m |
| Permanenti portati | G2 | 60 | kN/m |
| n° totale appoggi sulla pila | n | 4 | |
| Reazione appoggio i = (G ₁ *L/2)/n | R _i | 875.0 | kN |
| Reazione appoggio i = (G ₂ *L/2)/n | R _i | 375.0 | kN |

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

I carichi del traffico vengono dedotti dal modello FEM dell'impalcato. Sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente.

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

5x

| Appoggio | A | | | B | | | C | | | D | | | E | | | biz |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | FZ | FX | FY | |
| Descrizione carico | [kN] | [m] |
| Peso proprio G1 | 575 | | | 575 | | | 575 | | | 575 | | | 575 | | | 0.00 |
| Permanenti G2 | 200 | | | 200 | | | 200 | | | 200 | | | 200 | | | 0.00 |
| Comb. Nmax Q1 | 272 | | | 332 | | | 167 | | | 121 | | | 222 | | | 0.00 |
| Comb. Nmax Q3 frenatura | | | | | | | | | | | | | | | | 1.80 |
| Comb. Nmax Q4 centrifuga | | | | | | 60 | | | 60 | | | | | | | 1.80 |
| Comb. Nmax Q folla | 175 | | | 39 | | | 28 | | | 39 | | | 175 | | | 0.00 |
| Comb. MTmax Q1 | 458 | | | 137 | | | 54 | | | 41 | | | 10 | | | 0.00 |
| Comb. MTmax Q3 frenatura | | | | | | | | | | | | | | | | 1.80 |
| Comb. MTmax Q4 centrifuga | | | | | | 60 | | | 60 | | | | | | | 1.80 |
| Comb. MLmax Q folla | 207 | | | 63 | | | 25 | | | 14 | | | -32 | | | 0.00 |
| Comb. MLmax Q1 | | | | | | | | | | | | | | | | 0.00 |
| Comb. MLmax Q3 frenatura | | | | | | | | | | | | | | | | 1.80 |
| Comb. MLmax Q4 centrifuga | | | | | | | | | | | | | | | | 1.80 |
| Comb. MLmax Q folla | | | | | | | | | | | | | | | | 0.00 |
| Vento Ponte Scarico | | | | | | 63 | | | 63 | | | | | | | 2.30 |
| Vento Ponte Carico | | | | | | 95 | | | 95 | | | | | | | 3.30 |
| Attrito permanente | | 23 | 23 | | 23 | 23 | | 23 | 23 | | 23 | 23 | | 23 | 23 | 0.00 |
| Attrito carichi mobili | | 14 | 14 | | 10 | 10 | | 5 | 5 | | 4 | 4 | | 7 | 7 | 0.00 |
| Sisma longitudinale | | | | | | | | | | | | | | | | 1.80 |
| Sisma trasversale | | | | | | 1160 | | | 1160 | | | | | | | 1.80 |
| Sisma verticale | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 0.00 |
| Sisma longitudinale | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | 1.80 |
| Sisma trasversale | | | 0 | | | 1279 | | | 1279 | | | 0 | | | 0 | 1.80 |
| Sisma verticale | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 0.00 |
| Sisma longitudinale | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | 1.80 |
| Sisma trasversale | | | 0 | | | 1740 | | | 1740 | | | 0 | | | 0 | 1.80 |
| Sisma verticale | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 0.00 |

REAZIONI VINCOLARI [kN,m]

dx

| Appoggio | A | | | B | | | C | | | D | | | biz | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | FZ | FX | FY | | |
| Descrizione carico | [kN] | [m] | |
| Peso proprio G1 | 880 | | | 880 | | | 880 | | | 880 | | | 0.00 | |
| Permanenti G2 | 400 | | | 400 | | | 400 | | | 400 | | | 0.00 | |
| Comb. Nmax Q1 | 415 | | | 461 | | | 400 | | | 369 | | | 0.00 | |
| Comb. Nmax Q3 frenatura | | | | | | 248 | | | 248 | | | | 3.00 | |
| Comb. Nmax Q4 centrifuga | | | | | | | 60 | | | 60 | | | 3.00 | |
| Comb. Nmax Q folla | 205 | | | 32 | | | 32 | | | 205 | | | 0.00 | |
| Comb. MTmax Q1 | 684 | | | 223 | | | 169 | | | 9 | | | 0.00 | |
| Comb. MTmax Q3 frenatura | | | | | | 248 | | | 248 | | | | 3.00 | |
| Comb. MTmax Q4 centrifuga | | | | | | | 60 | | | 60 | | | 3.00 | |
| Comb. MTmax Q folla | 265 | | | 72 | | | 40 | | | -60 | | | 0.00 | |
| Comb. MLmax Q1 | 500 | | | 724 | | | 605 | | | 408 | | | 0.00 | |
| Comb. MLmax Q3 frenatura | | | | | | 248 | | | 248 | | | | 3.00 | |
| Comb. MLmax Q4 centrifuga | | | | | | | 60 | | | 60 | | | 3.00 | |
| Comb. MLmax Q folla | 205 | | | 32 | | | 32 | | | 205 | | | 0.00 | |
| Vento Ponte Scarico | | | | | | | 126 | | | 126 | | | 3.80 | |
| Vento Ponte Carico | | | | | | | 189 | | | 189 | | | 4.50 | |
| Attrito permanente | | 38 | 38 | | 38 | 38 | | 38 | 38 | | 38 | 38 | 0.00 | |
| Attrito carichi mobili | | 21 | 21 | | 22 | 22 | | 18 | 18 | | 12 | 12 | 0.00 | |
| Sisma longitudinale | | 0 | | | | 2525 | | | 2525 | | | | 2.80 | |
| Sisma trasversale | | | 0 | | | | 1160 | | | 1160 | | | 0 | 2.80 |
| Sisma verticale | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 0.00 | |
| Sisma longitudinale | | 0 | | | | 2785 | | | 2785 | | 0 | | 2.80 | |
| Sisma trasversale | | | 0 | | | | 1279 | | | 1279 | | | 0 | 2.80 |
| Sisma verticale | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 0.00 | |
| Sisma longitudinale | | 0 | | | | 3788 | | | 3788 | | 0 | | 2.80 | |
| Sisma trasversale | | | 0 | | | | 1740 | | | 1740 | | | 0 | 2.80 |
| Sisma verticale | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 130 | | | 0.00 | |

4.6.3 Azione del Vento

| Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005 | | | | |
|--|---------------------------|---------|--------|-------|
| Condizione (ponte carico o scarico) | | scarico | carico | |
| Altitudine sul livello del mare | as | 415 | 415 | m |
| Zona | Z | 4 | 4 | |
| Parametri | Vb,0 | 28 | 28 | m/s |
| Parametri | a0 | 500 | 500 | m |
| Parametri | ks | 0.36 | 0.36 | 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*ρ*vb² | 0.54 | 0.54 | kN/mq |
| Classe di rugosità del terreno | | D | D | |
| Distanza dalla costa | | >10 | >10 | km |
| Altitudine sul livello del mare | | <750 | <750 | m |
| Categoria di esposizione del sito | Cat | II | II | |
| Vento su impalcato | | | | |
| Parametri | kr | 0.19 | 0.19 | |
| Parametri | z0 | 0.05 | 0.05 | m |
| Parametri | zmin | 4 | 4 | m |
| Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6)) | z | 13 | 13 | m |
| Coefficiente di topografia | ct | 1 | 1 | |
| Coefficiente di esposizione (z) | ce(z) | 2.52 | 2.52 | |
| Larghezza impalcato | b | 12.7 | 12.7 | m |
| Altezza impalcato | h1 | 3 | 3 | m |
| Altezza veicolo o parapetto | h2 | 1.5 | 3 | m |
| Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicolo) | dtot | 4.5 | 6 | m |
| Rapporto di forma | b/dtot | 2.82 | 2.12 | |
| Coefficiente di forza (figura 8.3 EC) | cfx | 1.65 | 1.87 | |
| Riepilogo | | | | |
| Pressione cinetica di riferimento | qb | 0.54 | 0.54 | kN/mq |
| Coefficiente di esposizione | ce | 2.52 | 2.52 | |
| Coefficiente di forza | cfx | 1.65 | 1.87 | |
| Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5)) | d | 4.5 | 6 | m |
| Forza statica equivalente a m/l | f=prodotto | 10.1 | 15.1 | kN/m |
| Pressione statica equivalente | p=f/d | 2.23 | 2.52 | kN/mq |
| Pressione statica equivalente (minima considerata) | pmin | 1.5 | 1.5 | kN/mq |
| Forza statica equivalente a m/l considerata | f | 10.1 | 15.1 | kN/m |
| Vento impalcato a ponte scarico | | | | |
| | | sx | dx | |
| Forza statica equivalente | f | 10.1 | 10.1 | kN/m |
| Luce impalcato | L | 25 | 50 | m |
| Forza trasversale al piano appoggi | FT=f*L/2 | 126 | 251 | kN/m |
| Vento impalcato a ponte carico | | | | |
| Forza statica equivalente | f | 15.1 | 15.1 | kN/m |
| Luce impalcato | L | 25 | 50 | m |
| Forza trasversale al piano appoggi | FT=f*L/2 | 189 | 378 | kN/m |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

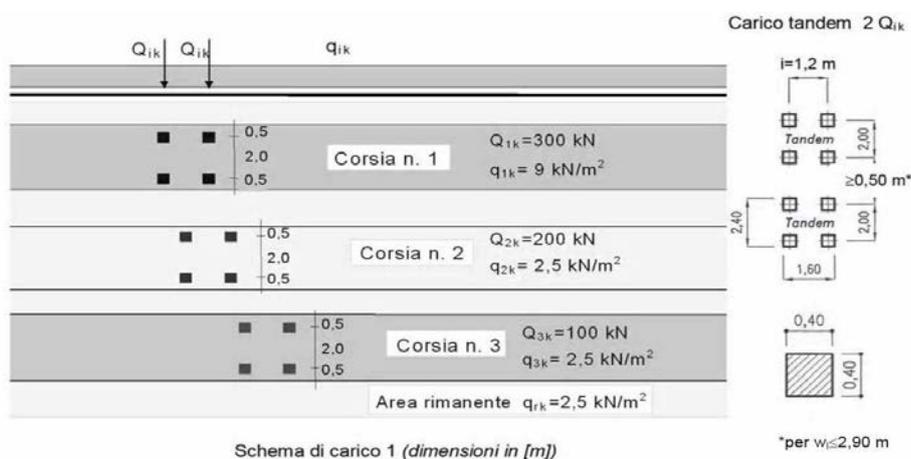
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 19 di 60 |

| Vento su Pila e Pulvino | | | | | |
|---|--------------------|--------------|--------------|-------|--|
| Parametri | kr | 0.19 | 0.19 | | |
| Parametri | z0 | 0.05 | 0.05 | m | |
| Parametri | zmin | 4 | 4 | m | |
| Altezza di riferimento per pila e pulvino (EC punto 7.6(2)) | z | 11.50 | 11.5 | m | |
| Coefficiente di topografia | ct | 1 | 1 | | |
| Coefficiente di esposizione (z) | ce(z) | 2.44 | 2.44 | | |
| | | dir.x | dir.x | | |
| Altezza (dir.z) | h | 3.00 | 8.50 | m | |
| Larghezza in direz. Ortogonale al vento | b | 12.50 | 5.00 | m | |
| Larghezza in direz. Parallela al vento | d | 3.7 | 3 | m | |
| Rapporto di forma | d/b | 0.30 | 0.60 | | |
| Coefficiente di forza (figura 7.23 EC) | cfx | 2.12 | 2.35 | | |
| Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC) | r | 1 | 1 | m | |
| Rapporto di forma II | r/b | 0.08 | 0.20 | | |
| Fattore di riduzione (figura 7.24 EC) | Ψ | 0.80 | 0.50 | | |
| Pressione di riferimento | $q=\Psi*cfx*ce*qb$ | 2.22 | 1.54 | kN/mq | |
| Area investita dal vento | $A=b*h$ | 37.5 | 42.5 | mq | |
| Forza statica equivalente | $F=q*A$ | 83 | 65 | kN | |
| | | dir.y | dir.y | | |
| Altezza (dir.z) | h | 3.00 | 8.50 | m | |
| Larghezza in direz. Ortogonale al vento | b | 3.7 | 3 | m | |
| Larghezza in direz. Parallela al vento | d | 12.5 | 5 | m | |
| Rapporto di forma | d/b | 3.38 | 1.67 | | |
| Coefficiente di forza (figura 7.23 EC) | cfx | 1.28 | 1.79 | | |
| Raggio di arrotondamento (figura 7.24 EC) | r | 1 | 1 | m | |
| Rapporto di forma II | r/b | 0.27 | 0.33 | | |
| Fattore di riduzione (figura 7.24 EC) | Ψ | 0.50 | 0.50 | | |
| Pressione di riferimento | $q=\Psi*cfx*ce*qb$ | 0.84 | 1.17 | kN/mq | |
| Area investita dal vento | $A=b*h$ | 11.1 | 25.5 | mq | |
| Forza statica equivalente | $F=q*A$ | 9 | 30 | kN | |
| Riepilogo | | | | | |
| Vento x | | | | | |
| Pulvino | F | 83 | kN | | |
| Pila | F | 65 | kN | | |
| Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino | bz | 11.50 | m | | |
| Forza totale | F Tot | 149 | kN | | |
| Vento y | | | | | |
| Pulvino | F | 9 | kN | | |
| Pila | F | 30 | kN | | |
| Distanza tra spiccato fusto e testa pulvino | bz | 11.50 | m | | |
| Forza totale | F Tot | 39 | kN | | |

4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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



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

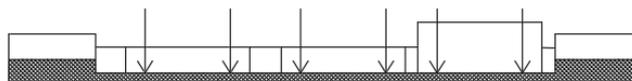
| Posizione | Carico asse Q_{ik} [kN] | q_{ik} [kN/m ²] |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|
| Corsia Numero 1 | 300 | 9 |
| Corsia Numero 2 | 200 | 2,5 |
| Corsia Numero 3 | 100 | 2,5 |
| Altre corsie | 0,00 | 2,50 |

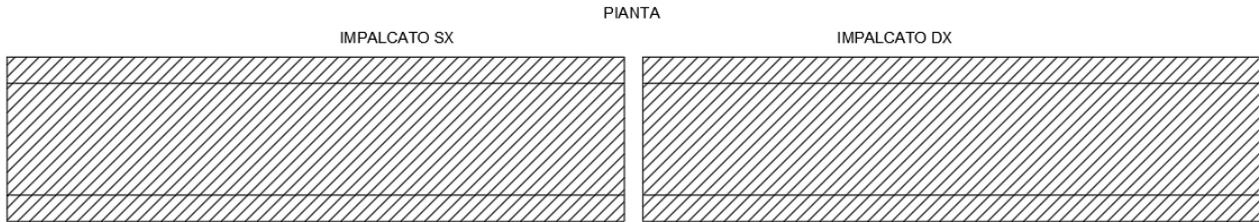
Sui marciapiedi si applica lo Schema di Carico 5 (folla) con valore $q = 5 \text{ kN/mq}$.

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

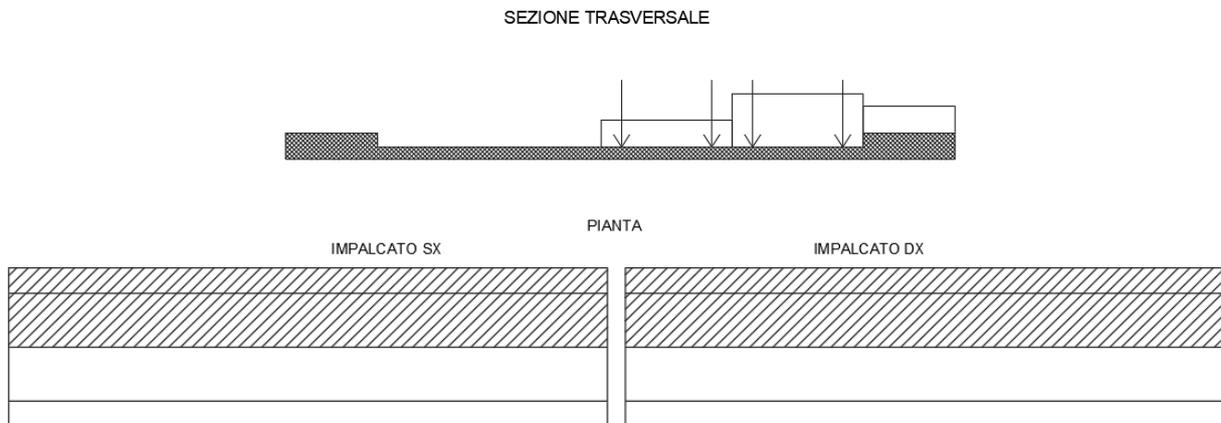
- N max, massimo sforzo normale per la pila: il carico è presente su entrambi gli impalcati, con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE

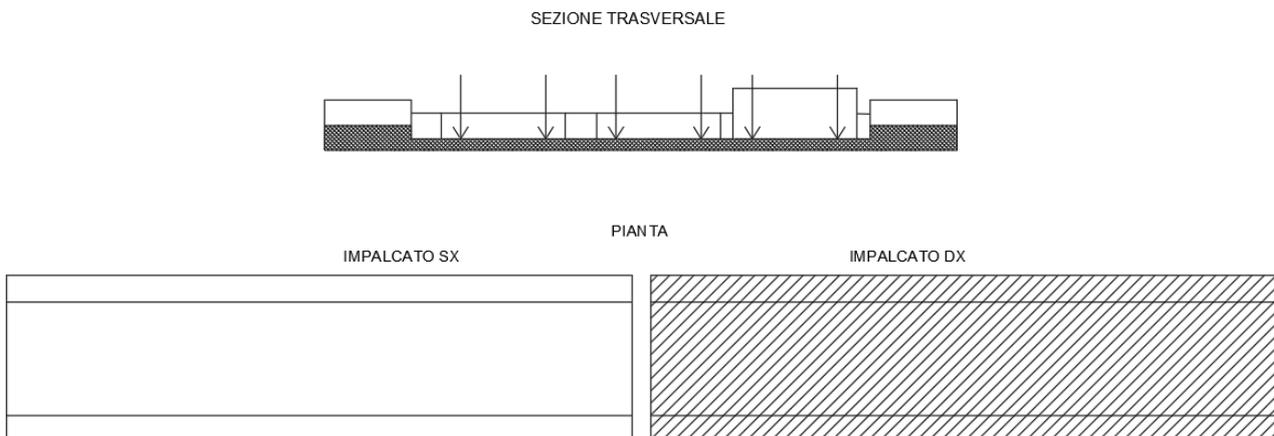




- M_t max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente su entrambi gli impalcati, ma solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:



- M_L max, massimo momento lungo l'asse y: il carico è presente su un solo impalcato, con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:



4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

| Frenatura | | |
|---------------|-----|----|
| L | 50 | m |
| q3 | 495 | kN |
| q3 (filtrata) | 495 | kN |

| Centrifuga | | |
|---------------------|------|----|
| Raggio planimetrico | 75 | m |
| n° corsie | 3 | |
| Qv | 1200 | kN |
| q4 | 240 | kN |

4.6.6 Urto da traffico ferroviario

In mancanza di specifiche analisi di rischio possono assumersi le seguenti azioni statiche equivalenti, in funzione della distanza d degli elementi esposti dall'asse del binario:

- per $d \leq 5$ m:
 - 4000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
 - 1500 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- per $5 \text{ m} < d \leq 15$ m:
 - 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
 - 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- per $d > 15$ m pari a zero in entrambe le direzioni.

Queste forze dovranno essere applicate a 1,80 m dal piano del ferro e non dovranno essere considerate agenti simultaneamente.

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. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

➤ Valori di progetto

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

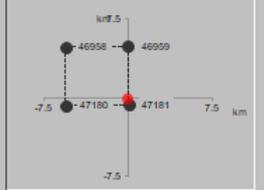
Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 13.86822 LATITUDINE: 37.69076

Ricerca per comune
 REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Catania COMUNE: Ramacca

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni:
 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:
 media ponderata

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

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_H : 75 info

Coefficiente d'ura della costruzione - c_u : 1.5 info

Valori di progetto

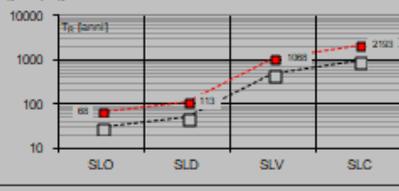
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 112.5 info

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

| Stati limite di esercizio - SLE | Valore |
|---------------------------------|--------|
| SLO - $P_{VR} - 8\%$ | 68 |
| SLD - $P_{VR} - 63\%$ | 113 |
| Stati limite ultimi - SLU | Valore |
| SLV - $P_{VR} - 10\%$ | 1068 |
| SLC - $P_{VR} - 5\%$ | 2193 |

Elaborazioni:
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

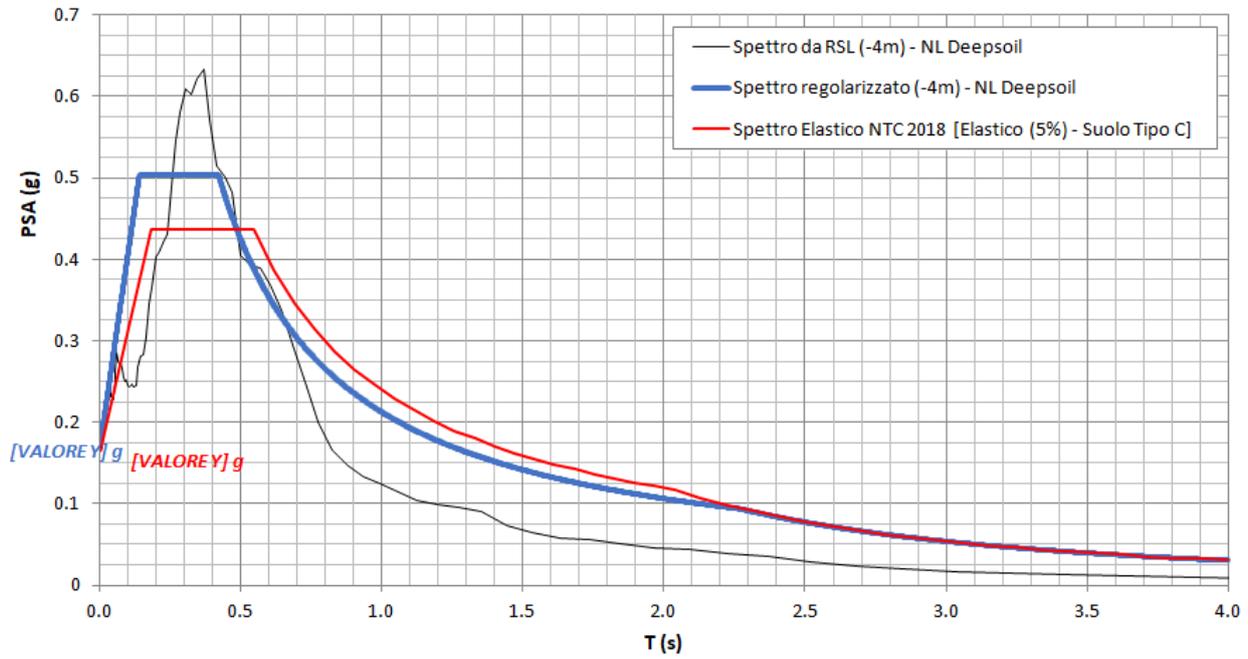


LEGENDA GRAFICO
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - - Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

Per il viadotto in esame è stato effettuato uno specifico studio di Risposta Sismica Locale del quale si riportano i risultati:

IV-01 - prova: MASW 3aV09



➤ Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una 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 delle NTC
- Per l'azione sismica verticale si adotta $q=1$

Il baricentro delle masse viene considerato coincidente con quello dell'impalcato; nel caso particolare risulta $L= 13.30$ m.

| Condizione Sismica | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------|----|
| Massa sismica impalcato dir x | mix | 10658 | kN |
| Massa efficace pila dir x | mpx | 4390 | kN |
| Massa complessiva dir x | mix + mpx | 15048 | kN |
| 1/5 Massa sismica impalcato dir x | mix/5 | 2132 | kN |
| Verifica requisito dir x | | no | |
| Massa sismica impalcato dir. y | mi _y | 9427 | kN |
| Massa efficace pila dir. Y | mp _y | 4390 | kN |
| Massa complessiva dir. Y | mi _y + mp _y | 13817 | kN |
| 1/5 Massa sismica impalcato dir. Y | mi _y /5 | 1885 | kN |
| Verifica requisito dir. Y | | no | |
| Massa sismica impalcato dir. z | miz | 9427 | kN |
| Massa efficace pila dir. Z | mp _z | 4390 | kN |
| Massa complessiva dir. Z | miz + mp _z | 13817 | kN |
| 1/5 Massa sismica impalcato dir. Z | miz/5 | 1885 | kN |
| Verifica requisito dir. Z | | no | |

| | | | |
|-----------------------|-----------------|-------------|----------------|
| Inerzia Pila asse y | J _{yy} | 7.97 | m ⁴ |
| Inerzia Pila asse x | J _{xx} | 20.50 | m ⁴ |
| Area Pila | A _p | 13.01 | m ² |
| Rigidezza Pila asse y | K _y | 335523723.7 | N/m |
| Rigidezza Pila asse x | K _x | 862649019 | N/m |
| rigidezza Pila asse z | K _z | 37333043478 | N/m |
| Periodo x | T _x | 0.42 | s |
| Periodo y | T _y | 0.25 | s |
| Periodo z | T _z | 0.04 | s |

| | | | |
|---|------------------|------|--|
| Accelerazione orizzontale Se(T _x) direzione x | a _g x | 0.50 | |
| Accelerazione orizzontale Se(T _y) direzione y | a _g y | 0.50 | |
| Accelerazione Verticale Se(T _z) direzione z | a _g z | 0.08 | |

q=1.5

| | | | |
|---|------------------|------|--|
| Accelerazione orizzontale Sd(T _x) direzione x | a _g x | 0.34 | |
| Accelerazione orizzontale Sd(T _y) direzione y | a _g y | 0.34 | |
| Accelerazione Verticale Sd(T _z) direzione z | a _g z | 0.08 | |

q=1.36

| | | | |
|---|------------------|------|--|
| Accelerazione orizzontale Sd(T _x) direzione x | a _g x | 0.37 | |
| Accelerazione orizzontale Sd(T _y) direzione y | a _g y | 0.37 | |
| Accelerazione Verticale Sd(T _z) direzione z | a _g z | 0.08 | |

q=1

| | | | |
|---|------------------|------|--|
| Accelerazione orizzontale Sd(T _x) direzione x | a _g x | 0.50 | |
| Accelerazione orizzontale Sd(T _y) direzione y | a _g y | 0.50 | |
| Accelerazione Verticale Sd(T _z) direzione z | a _g z | 0.08 | |

Condizione Sismica - Taglianti Totali

q=1.5

| | | | |
|-----------------------|-----|------|----|
| Tagliante direzione x | F x | 5046 | kN |
| Tagliante direzione y | F y | 4633 | kN |
| Tagliante direzione z | F z | 1161 | kN |

q=1.36

| | | | |
|-----------------------|-----|------|----|
| Tagliante direzione x | F x | 5566 | kN |
| Tagliante direzione y | F y | 5110 | kN |
| Tagliante direzione z | F z | 1161 | kN |

q=1

| | | | |
|-----------------------|-----|------|----|
| Tagliante direzione x | F x | 7569 | kN |
| Tagliante direzione y | F y | 6950 | kN |
| Tagliante direzione z | F z | 1161 | kN |

4.6.8 Analisi Dinamica Lineare

Non essendo soddisfatti i 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%.

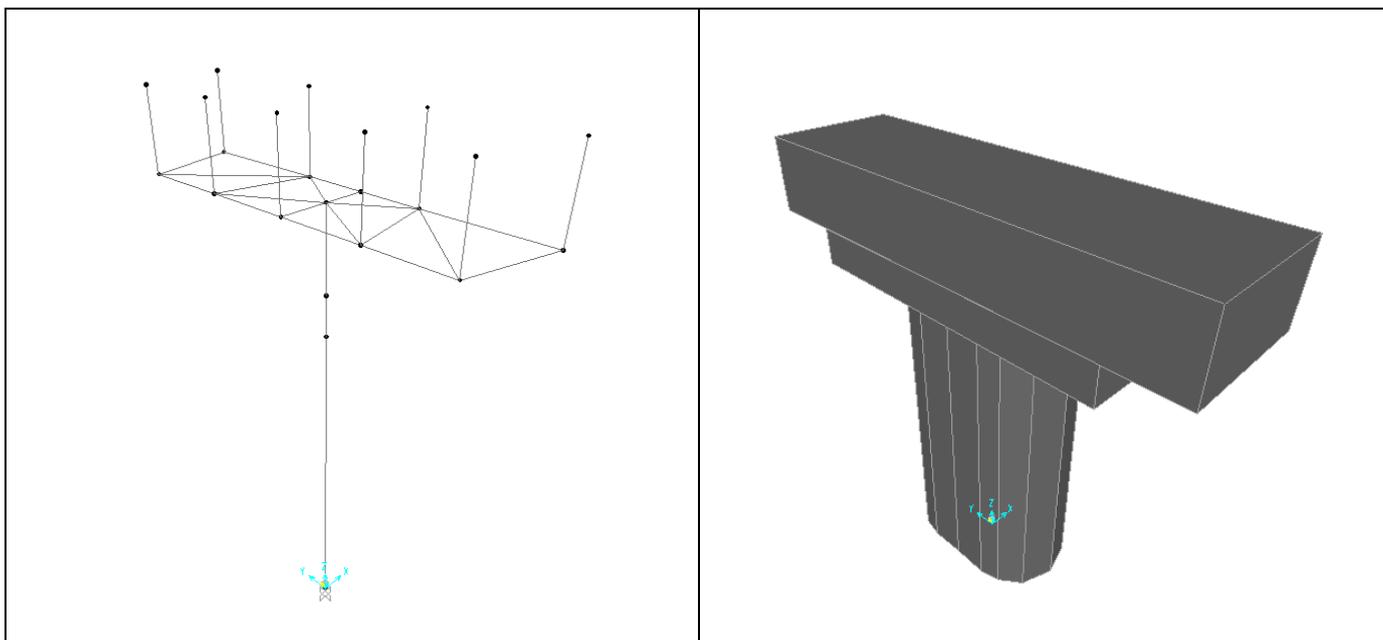


Figura 1: Modello FEM

Si riportano di seguito i risultati della analisi modale:

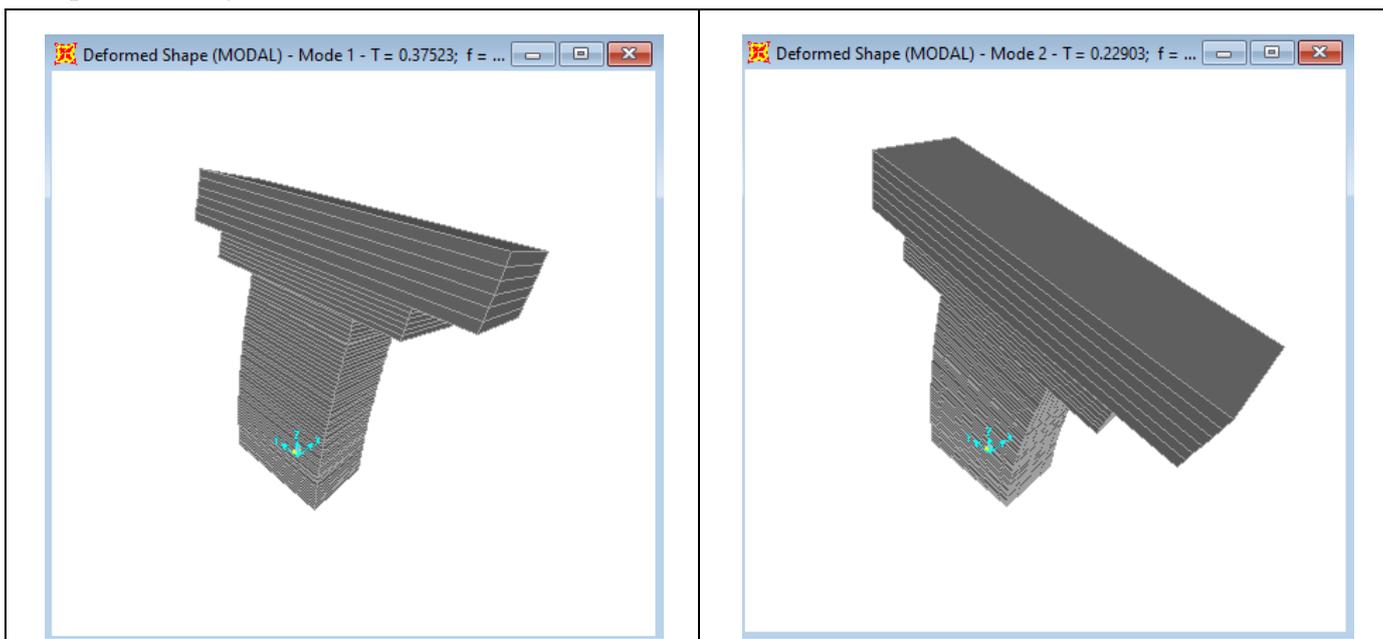


Figura 2: Modello FEM – Analisi Modale (100% rigidezza)

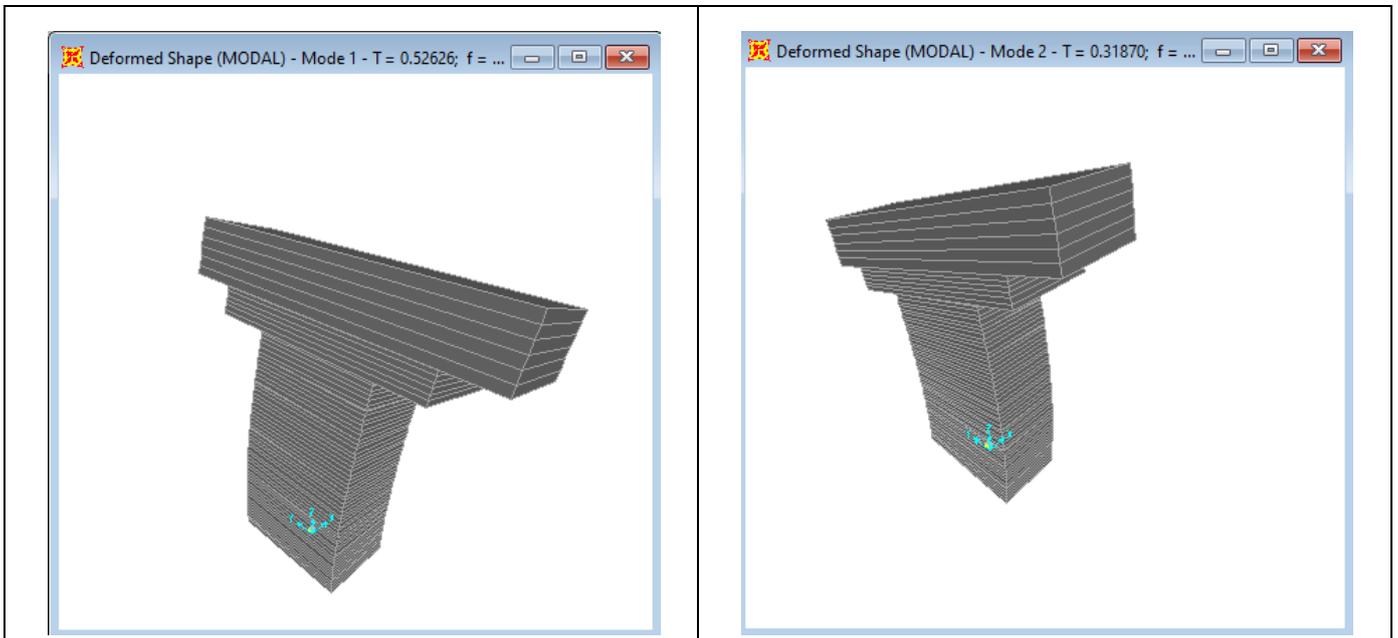


Figura 3: Modello FEM – Analisi Modale (50% rigidezza)

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

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

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio si 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 | 6233 | | | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| Vento su pila dir. x | | 149 | | 0.00 | 0.00 | 11.50 | 0 | 1709 |
| Vento su pila dir.y | | | 39.1 | 0.00 | 0.00 | 11.50 | 450 | 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 | 6233 | | | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| Plinto | 5760 | | | 0.00 | 0.00 | 1.25 | 0.00 | 0 |
| Rinterro | 1543 | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| Vento su pila dir. x | | 149 | | 0.00 | 0.00 | 14.00 | 0 | 2081 |
| Vento su pila dir.y | | | 39.10526719 | 0.00 | 0.00 | 14.00 | 547 | 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 | | 968 | | 0.00 | 0.00 | 1.25 | 0.00 | 1210 |
| Plinto sisma y | | | 968 | 0.00 | 0.00 | 1.25 | 1210 | 0 |
| Plinto sisma z | 484 | | | 0.00 | 0.00 | 1.25 | 0 | 0 |
| Rinterro sisma z | 130 | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 |

4.7 Sollecitazioni

| CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DELLA PILA | | | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| | N _x [kN] | T _x [kN] | T _y [kN] | M _x [kN*m] | M _y [kN*m] |
| A2 - SLU - N max gr.1 | 19716 | 479 | 953 | 14246 | 6629 |
| A2 - SLU - MT max gr.1 | 18403 | 479 | 953 | 20530 | 6589 |
| A2 - SLU - ML max gr.1 | 18853 | 595 | 922 | 13518 | 10494 |
| A2 - SLU - N max gr.2 | 18388 | 1050 | 953 | 13981 | 15109 |
| A2 - SLU - MT max gr.2 | 17548 | 1050 | 953 | 17588 | 15055 |
| A2 - SLU - ML max gr.2 | 17938 | 1166 | 922 | 13347 | 18106 |
| A2 - SLU - N max gr.3 | 18388 | 479 | 1229 | 17942 | 6582 |
| A2 - SLU - MT max gr.3 | 17548 | 479 | 1229 | 21549 | 6528 |
| A2 - SLU - ML max gr.3 | 17938 | 595 | 1060 | 15410 | 9579 |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico | 16008 | 544 | 893 | 12271 | 7004 |
| A2 - SLU - N max gr.1 | 18936 | 398 | 872 | 13278 | 5541 |
| A2 - SLU - MT max gr.1 | 17623 | 398 | 872 | 19562 | 5502 |
| A2 - SLU - ML max gr.1 | 18073 | 514 | 841 | 12550 | 9407 |
| A2 - SLU - N max gr.2 | 17608 | 969 | 872 | 13014 | 14022 |
| A2 - SLU - MT max gr.2 | 16768 | 969 | 872 | 16621 | 13968 |
| A2 - SLU - ML max gr.2 | 17158 | 1085 | 841 | 12380 | 17019 |
| A2 - SLU - N max gr.3 | 17608 | 398 | 1148 | 16974 | 5495 |
| A2 - SLU - MT max gr.3 | 16768 | 398 | 1148 | 20581 | 5440 |
| A2 - SLU - ML max gr.3 | 17158 | 514 | 979 | 14443 | 8491 |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico | 15228 | 463 | 812 | 11303 | 5917 |
| A1 - SLU - N max gr.1 | 25301 | 555 | 1102 | 16489 | 7699 |
| A1 - SLU - MT max gr.1 | 23759 | 555 | 1102 | 23866 | 7653 |
| A1 - SLU - ML max gr.1 | 24288 | 689 | 1067 | 15642 | 12211 |
| A1 - SLU - N max gr.2 | 23742 | 1225 | 1102 | 16179 | 17655 |
| A1 - SLU - MT max gr.2 | 22756 | 1225 | 1102 | 20413 | 17591 |
| A1 - SLU - ML max gr.2 | 23213 | 1359 | 1067 | 15442 | 21146 |
| A1 - SLU - N max gr.3 | 23742 | 555 | 1426 | 20828 | 7644 |
| A1 - SLU - MT max gr.3 | 22756 | 555 | 1426 | 25062 | 7580 |
| A1 - SLU - ML max gr.3 | 23213 | 689 | 1229 | 17864 | 11136 |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico | 20948 | 778 | 1181 | 15959 | 9896 |
| A1 - SLU - N max gr.1 | 19581 | 421 | 967 | 14877 | 5862 |
| A1 - SLU - MT max gr.1 | 18039 | 421 | 967 | 22254 | 5816 |
| A1 - SLU - ML max gr.1 | 18568 | 554 | 932 | 14029 | 10374 |
| A1 - SLU - N max gr.2 | 18022 | 1090 | 967 | 14566 | 15818 |
| A1 - SLU - MT max gr.2 | 18022 | 1090 | 967 | 14566 | 15818 |
| A1 - SLU - ML max gr.2 | 17036 | 1224 | 932 | 18396 | 17292 |
| A1 - SLU - N max gr.3 | 17493 | 1090 | 967 | 14234 | 17771 |
| A1 - SLU - MT max gr.3 | 18022 | 421 | 1291 | 19216 | 5808 |
| A1 - SLU - ML max gr.3 | 17036 | 554 | 1256 | 23045 | 7282 |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico | 17493 | 643 | 1152 | 16926 | 10324 |
| SLE Rara - N max gr.1 | 15228 | 270 | 860 | 12141 | 3695 |
| SLE Rara - MT max gr.1 | 18452 | 381 | 746 | 11218 | 5300 |
| SLE Rara - ML max gr.1 | 17310 | 471 | 722 | 16413 | 6292 |
| SLE Rara - N max gr.2 | 17702 | 381 | 746 | 10890 | 7503 |
| SLE Rara - MT max gr.2 | 17298 | 877 | 746 | 10988 | 12675 |
| SLE Rara - ML max gr.2 | 16567 | 967 | 722 | 13853 | 13653 |
| SLE Rara - N max gr.3 | 16906 | 877 | 746 | 10742 | 14122 |
| SLE Rara - MT max gr.3 | 17298 | 381 | 986 | 14432 | 5260 |
| SLE Rara - ML max gr.3 | 16567 | 471 | 962 | 17299 | 6238 |
| SLE Rara - Vento ponte scarico | 16906 | 530 | 881 | 12716 | 8416 |
| SLE Freq. - N max gr.1 | 17646 | 354 | 354 | 4916 | 4899 |
| SLE Freq. - MT max gr.1 | 16790 | 354 | 354 | 9014 | 4873 |
| SLE Freq. - ML max gr.1 | 17084 | 354 | 354 | 4670 | 6551 |
| SLE Freq. - N max gr.2 | 16780 | 726 | 354 | 4743 | 10430 |
| SLE Freq. - MT max gr.2 | 16232 | 726 | 354 | 7095 | 10394 |
| SLE Freq. - ML max gr.2 | 16487 | 726 | 354 | 4558 | 11515 |
| SLE Freq. - N max gr.3 | 16780 | 354 | 534 | 7326 | 4869 |
| SLE Freq. - MT max gr.3 | 16232 | 354 | 534 | 9678 | 4833 |
| SLE Freq. - ML max gr.3 | 16487 | 354 | 444 | 5904 | 5954 |
| SLE Freq. - Vento ponte scarico | 15228 | 300 | 353 | 4468 | 4037 |
| SLE Q.P. - ML max gr.3 | 15228 | 381 | 381 | 4559 | 5029 |
| SLV -dir X_1 | 16074 | 5441 | 1708 | 23805 | 80349 |
| SLV -dir X_2 | 15372 | 5441 | 1708 | 23805 | 80505 |
| SLV -dir Y_1 | 15996 | 1906 | 4980 | 71577 | 27760 |
| SLV -dir Y_2 | 15294 | 1906 | 4980 | 71577 | 27916 |
| SLV -dir Z+ | 17043 | 1906 | 1732 | 24200 | 27585 |
| SLV -dir Z- | 14703 | 1906 | 1732 | 24200 | 28105 |
| SLV -dir X_1 | 16074 | 5961 | 1851 | 25847 | 88017 |
| SLV -dir X_2 | 15372 | 5961 | 1851 | 25847 | 88173 |
| SLV -dir Y_1 | 15996 | 2062 | 5458 | 78384 | 30061 |
| SLV -dir Y_2 | 15294 | 2062 | 5458 | 78384 | 30217 |
| SLV -dir Z+ | 17043 | 2062 | 1875 | 26242 | 29885 |
| SLV -dir Z- | 14703 | 2062 | 1875 | 26242 | 30405 |
| SLV -dir X_1 | 16074 | 7966 | 2404 | 33723 | 117593 |
| SLV -dir X_2 | 15372 | 7966 | 2404 | 33723 | 117749 |
| SLV -dir Y_1 | 15996 | 2664 | 7300 | 104637 | 38933 |
| SLV -dir Y_2 | 15294 | 2664 | 7300 | 104637 | 39089 |
| SLV -dir Z+ | 17043 | 2664 | 2428 | 34118 | 38758 |
| SLV -dir Z- | 14703 | 2664 | 2428 | 34118 | 39278 |

Tabella 3 – Sollecitazioni della base della pila

TABLE: Base Reactions

| OutputCase | CaseType | StepType | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ | GlobalMX | GlobalMY |
|------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|--------------|--------------|
| Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m |
| EX_1 | Combination | Max | 5733 | 1963 | 15352 | 24493 | 71472 |
| EX_1 | Combination | Min | -5733 | -1963 | 15352 | -24493 | -72534 |
| EY_1 | Combination | Max | 1720 | 6541 | 15352 | 81630 | 21071 |
| EY_1 | Combination | Min | -1720 | -6541 | 15352 | -81631 | -22133 |
| EX_2 | Combination | Max | 5733 | 1963 | 15041 | 24493 | 71472 |
| EX_2 | Combination | Min | -5733 | -1963 | 15041 | -24493 | -72534 |
| EY_2 | Combination | Max | 1720 | 6541 | 15041 | 81630 | 21071 |
| EY_2 | Combination | Min | -1720 | -6541 | 15041 | -81631 | -22133 |
| EZ_1 | Combination | Max | 1720 | 1962 | 15715 | 24490 | 21070 |
| EZ_1 | Combination | Min | -1720 | -1962 | 15715 | -24490 | -22132 |
| EZ_2 | Combination | Max | 1720 | 1962 | 14678 | 24490 | 21070 |
| EZ_2 | Combination | Min | -1720 | -1962 | 14678 | -24490 | -22132 |
| | | | 5733 | 6541 | | 81631 | 72534 |

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

TABLE: Base Reactions

| OutputCase | CaseType | StepType | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ | GlobalMX | GlobalMY |
|------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|--------------|--------------|
| Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m |
| EX_1 | Combination | Max | 7144 | 1968 | 15352 | 24532 | 89226 |
| EX_1 | Combination | Min | -7144 | -1968 | 15352 | -24532 | -90289 |
| EY_1 | Combination | Max | 2143 | 6560 | 15352 | 81765 | 26397 |
| EY_1 | Combination | Min | -2143 | -6560 | 15352 | -81765 | -27459 |
| EX_2 | Combination | Max | 7144 | 1968 | 15041 | 24532 | 89226 |
| EX_2 | Combination | Min | -7144 | -1968 | 15041 | -24532 | -90289 |
| EY_2 | Combination | Max | 2143 | 6560 | 15041 | 81765 | 26397 |
| EY_2 | Combination | Min | -2143 | -6560 | 15041 | -81765 | -27459 |
| EZ_1 | Combination | Max | 2143 | 1968 | 15715 | 24530 | 26396 |
| EZ_1 | Combination | Min | -2143 | -1968 | 15715 | -24530 | -27459 |
| EZ_2 | Combination | Max | 2143 | 1968 | 14678 | 24530 | 26396 |
| EZ_2 | Combination | Min | -2143 | -1968 | 14678 | -24530 | -27459 |
| | | | 7144 | 6560 | | 81765 | 90289 |

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

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.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)
Viadotto IV01

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 31 di 60 |

4.7.1 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 [kN] | Tx [kN] | Ty [kN] | Mx [kN*m] | My [kN*m] |
| A2 - SLU - N max gr.1 | 27482 | 479 | 953 | 16628 | 7826 |
| A2 - SLU - MT max gr.1 | 26169 | 479 | 953 | 22911 | 7787 |
| A2 - SLU - ML max gr.1 | 26620 | 595 | 922 | 15823 | 11982 |
| A2 - SLU - N max gr.2 | 26154 | 1050 | 953 | 16363 | 17733 |
| A2 - SLU - MT max gr.2 | 25314 | 1050 | 953 | 19970 | 17679 |
| A2 - SLU - ML max gr.2 | 25704 | 1166 | 922 | 15653 | 21020 |
| A2 - SLU - N max gr.3 | 26154 | 479 | 1229 | 21013 | 7780 |
| A2 - SLU - MT max gr.3 | 25314 | 479 | 1229 | 24620 | 7725 |
| A2 - SLU - ML max gr.3 | 25704 | 595 | 1060 | 18061 | 11067 |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico | 23775 | 544 | 893 | 14503 | 8364 |
| A2 - SLU - N max gr.1 | 26239 | 398 | 872 | 15458 | 6537 |
| A2 - SLU - MT max gr.1 | 24926 | 398 | 872 | 21742 | 6497 |
| A2 - SLU - ML max gr.1 | 25377 | 514 | 841 | 14653 | 10692 |
| A2 - SLU - N max gr.2 | 24911 | 969 | 872 | 15193 | 16444 |
| A2 - SLU - MT max gr.2 | 24071 | 969 | 872 | 18800 | 16389 |
| A2 - SLU - ML max gr.2 | 24461 | 1085 | 841 | 14483 | 19730 |
| A2 - SLU - N max gr.3 | 24911 | 398 | 1148 | 19844 | 6490 |
| A2 - SLU - MT max gr.3 | 24071 | 398 | 1148 | 23451 | 6436 |
| A2 - SLU - ML max gr.3 | 24461 | 514 | 979 | 16891 | 9777 |
| A2 - SLU - Vento ponte scarico | 22532 | 463 | 812 | 13333 | 7074 |
| A1 - SLU - N max gr.1 | 35392 | 555 | 1102 | 19244 | 9088 |
| A1 - SLU - MT max gr.1 | 33850 | 555 | 1102 | 26621 | 9041 |
| A1 - SLU - ML max gr.1 | 34379 | 689 | 1067 | 18309 | 13934 |
| A1 - SLU - N max gr.2 | 33833 | 1225 | 1102 | 18933 | 20718 |
| A1 - SLU - MT max gr.2 | 32846 | 1225 | 1102 | 23168 | 20654 |
| A1 - SLU - ML max gr.2 | 33304 | 1359 | 1067 | 18109 | 24543 |
| A1 - SLU - N max gr.3 | 33833 | 555 | 1426 | 24393 | 9033 |
| A1 - SLU - MT max gr.3 | 32846 | 555 | 1426 | 28627 | 8969 |
| A1 - SLU - ML max gr.3 | 33304 | 689 | 1229 | 20935 | 12859 |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico | 31039 | 778 | 1181 | 18912 | 11842 |
| A1 - SLU - N max gr.1 | 26884 | 421 | 967 | 17294 | 6914 |
| A1 - SLU - MT max gr.1 | 25342 | 421 | 967 | 24671 | 6867 |
| A1 - SLU - ML max gr.1 | 25871 | 554 | 932 | 16339 | 11760 |
| A1 - SLU - N max gr.2 | 25325 | 1090 | 967 | 16984 | 18544 |
| A1 - SLU - MT max gr.2 | 25325 | 1090 | 967 | 16984 | 18544 |
| A1 - SLU - ML max gr.2 | 24339 | 1224 | 932 | 20725 | 20352 |
| A1 - SLU - N max gr.3 | 24797 | 1090 | 967 | 16652 | 20496 |
| A1 - SLU - MT max gr.3 | 25325 | 421 | 1291 | 22443 | 6859 |
| A1 - SLU - ML max gr.3 | 24339 | 554 | 1256 | 26185 | 8668 |
| A1 - SLU - Vento ponte scarico | 24797 | 643 | 1152 | 19807 | 11933 |
| SLE Rara - N max gr.1 | 22532 | 270 | 860 | 14292 | 4369 |
| SLE Rara - MT max gr.1 | 25756 | 381 | 746 | 13083 | 6254 |
| SLE Rara - ML max gr.1 | 24614 | 471 | 722 | 18218 | 7468 |
| SLE Rara - N max gr.2 | 25006 | 381 | 746 | 12755 | 8456 |
| SLE Rara - MT max gr.2 | 24601 | 877 | 746 | 12853 | 14869 |
| SLE Rara - ML max gr.2 | 23870 | 967 | 722 | 15661 | 16070 |
| SLE Rara - N max gr.3 | 24209 | 877 | 746 | 12607 | 16315 |
| SLE Rara - MT max gr.3 | 24601 | 381 | 986 | 16897 | 6214 |
| SLE Rara - ML max gr.3 | 23870 | 471 | 962 | 19705 | 7415 |
| SLE Rara - Vento ponte scarico | 24209 | 530 | 881 | 14920 | 9741 |
| SLE Freq. - N max gr.1 | 24950 | 354 | 354 | 5799 | 5783 |
| SLE Freq. - MT max gr.1 | 24093 | 354 | 354 | 9898 | 5757 |
| SLE Freq. - ML max gr.1 | 24387 | 354 | 354 | 5553 | 7435 |
| SLE Freq. - N max gr.2 | 24084 | 726 | 354 | 5627 | 12244 |
| SLE Freq. - MT max gr.2 | 23536 | 726 | 354 | 7979 | 12208 |
| SLE Freq. - ML max gr.2 | 23790 | 726 | 354 | 5442 | 13329 |
| SLE Freq. - N max gr.3 | 24084 | 354 | 534 | 8660 | 5752 |
| SLE Freq. - MT max gr.3 | 23536 | 354 | 534 | 11012 | 5717 |
| SLE Freq. - ML max gr.3 | 23790 | 354 | 444 | 7013 | 6837 |
| SLE Freq. - Vento ponte scarico | 22532 | 300 | 353 | 5351 | 4785 |
| SLE Q.P. - ML max gr.3 | 22532 | 381 | 381 | 5512 | 5982 |
| SLV -dir X_1 | 23561 | 6409 | 1998 | 28438 | 95162 |
| SLV -dir X_2 | 22491 | 6409 | 1998 | 28438 | 95318 |
| SLV -dir Y_1 | 23483 | 2197 | 5948 | 85237 | 32889 |
| SLV -dir Y_2 | 22413 | 2197 | 5948 | 85237 | 33045 |
| SLV -dir Z+ | 24960 | 2197 | 2022 | 28894 | 32714 |
| SLV -dir Z- | 21393 | 2197 | 2022 | 28894 | 33234 |
| SLV -dir X_1 | 23561 | 6929 | 2142 | 30838 | 104129 |
| SLV -dir X_2 | 22491 | 6929 | 2142 | 30838 | 104285 |
| SLV -dir Y_1 | 23483 | 2353 | 6426 | 93238 | 35579 |
| SLV -dir Y_2 | 22413 | 2353 | 6426 | 93238 | 35735 |
| SLV -dir Z+ | 24960 | 2353 | 2166 | 31294 | 35404 |
| SLV -dir Z- | 21393 | 2353 | 2166 | 31294 | 35924 |
| SLV -dir X_1 | 23561 | 8934 | 2694 | 40096 | 138718 |
| SLV -dir X_2 | 22491 | 8934 | 2694 | 40096 | 138874 |
| SLV -dir Y_1 | 23483 | 2954 | 8268 | 124097 | 43956 |
| SLV -dir Y_2 | 22413 | 2954 | 8268 | 124097 | 46112 |
| SLV -dir Z+ | 24960 | 2954 | 2718 | 40552 | 45781 |
| SLV -dir Z- | 21393 | 2954 | 2718 | 40552 | 46301 |

Tabella 6 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

| SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA | | | | | | | | |
|--|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y | N _{max/palo} | N _{min/palo} | T _{/palo} |
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm | kN | kN | kN |
| AI - SLU - N max gr.1 | 35392 | 555 | 1102 | 19244 | 9088 | 5244 | 2621 | 137 |
| AI - SLU - MT max gr.1 | 33850 | 555 | 1102 | 26621 | 9041 | 5412 | 2110 | 137 |
| AI - SLU - ML max gr.1 | 34379 | 689 | 1067 | 18309 | 13934 | 5313 | 2327 | 141 |
| AI - SLU - N max gr.2 | 33833 | 1225 | 1102 | 18933 | 20718 | 5595 | 1923 | 183 |
| AI - SLU - MT max gr.2 | 32846 | 1225 | 1102 | 23168 | 20654 | 5678 | 1621 | 183 |
| AI - SLU - ML max gr.2 | 33304 | 1359 | 1067 | 18109 | 24543 | 5675 | 1726 | 192 |
| AI - SLU - N max gr.3 | 33833 | 555 | 1426 | 24393 | 9033 | 5307 | 2212 | 170 |
| AI - SLU - MT max gr.3 | 32846 | 555 | 1426 | 28627 | 8969 | 5390 | 1909 | 170 |
| AI - SLU - ML max gr.3 | 33304 | 689 | 1229 | 20935 | 12859 | 5265 | 2136 | 157 |
| AI - SLU - Vento ponte scarico | 31039 | 778 | 1181 | 18912 | 11842 | 4873 | 2025 | 157 |
| AI - SLU - N max gr.1 | 26884 | 421 | 967 | 17294 | 6914 | 4108 | 1866 | 117 |
| AI - SLU - MT max gr.1 | 25342 | 421 | 967 | 24671 | 6867 | 4276 | 1356 | 117 |
| AI - SLU - ML max gr.1 | 25871 | 554 | 932 | 16359 | 11760 | 4176 | 1573 | 120 |
| AI - SLU - N max gr.2 | 25325 | 1090 | 967 | 16984 | 18544 | 4459 | 1169 | 162 |
| AI - SLU - MT max gr.2 | 25325 | 1090 | 967 | 16984 | 18544 | 4459 | 1169 | 162 |
| AI - SLU - ML max gr.2 | 24339 | 1224 | 932 | 20725 | 20352 | 4606 | 803 | 171 |
| AI - SLU - N max gr.3 | 24797 | 1090 | 967 | 16652 | 20496 | 4475 | 1035 | 162 |
| AI - SLU - MT max gr.3 | 25325 | 421 | 1291 | 22443 | 6859 | 4170 | 1457 | 151 |
| AI - SLU - ML max gr.3 | 24339 | 554 | 1256 | 26185 | 8668 | 4318 | 1091 | 153 |
| AI - SLU - Vento ponte scarico | 24797 | 643 | 1152 | 19807 | 11933 | 4225 | 1286 | 147 |
| | | | | | | 5678 | 803 | 192 |

Tabella 7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU

| SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA | | | | | | | | |
|--|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y | N _{max/palo} | N _{min/palo} | T _{/palo} |
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm | kN | kN | kN |
| SLV -dir.X 1 | 23561 | 6929 | 2142 | 30838 | 104129 | 8866 | -3631 | 806 |
| SLV -dir.X 2 | 22491 | 6929 | 2142 | 30838 | 104285 | 8755 | -3757 | 806 |
| SLV -dir.Y 1 | 23483 | 2353 | 6426 | 93238 | 35579 | 8573 | -3355 | 760 |
| SLV -dir.Y 2 | 22413 | 2353 | 6426 | 93238 | 35735 | 8461 | -3481 | 760 |
| SLV -dir.Z+ | 24960 | 2353 | 2166 | 31294 | 35404 | 5861 | -315 | 355 |
| SLV -dir.Z- | 21393 | 2353 | 2166 | 31294 | 35924 | 5489 | -735 | 355 |
| | | | | | | 8866 | -3757 | 806 |

Tabella 8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1.36

| SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA | | | | | | | | |
|--|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y | N _{max/palo} | N _{min/palo} | T _{/palo} |
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm | kN | kN | kN |
| SLV -dir.X 1 | 23561 | 8934 | 2694 | 40096 | 138718 | 10896 | -5661 | 1037 |
| SLV -dir.X 2 | 22491 | 8934 | 2694 | 40096 | 138874 | 10785 | -5787 | 1037 |
| SLV -dir.Y 1 | 23483 | 2954 | 8268 | 124097 | 45956 | 10482 | -5264 | 976 |
| SLV -dir.Y 2 | 22413 | 2954 | 8268 | 124097 | 46112 | 10370 | -5390 | 976 |
| SLV -dir.Z+ | 24960 | 2954 | 2718 | 40552 | 45781 | 6770 | -1224 | 446 |
| SLV -dir.Z- | 21393 | 2954 | 2718 | 40552 | 46301 | 6398 | -1644 | 446 |
| | | | | | | 10896 | -5787 | 1037 |

Tabella 9 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV q=1

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

| C.C. | N | T _x | T _y | M _x | M _y | N _{max/palo} | N _{min/palo} | T _{/palo} |
|--------------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| n° | kN | kN | kN | kNm | kNm | kN | kN | kN |
| SLE Rara - N max gr.1 | 22532 | 270 | 860 | 14292 | 4369 | 3367 | 1640 | 100 |
| SLE Rara - MT max gr.1 | 25756 | 381 | 746 | 13083 | 6254 | 3757 | 1967 | 93 |
| SLE Rara - ML max gr.1 | 24614 | 471 | 722 | 18218 | 7468 | 3924 | 1546 | 96 |
| SLE Rara - N max gr.2 | 25006 | 381 | 746 | 12755 | 8456 | 3760 | 1796 | 93 |
| SLE Rara - MT max gr.2 | 24601 | 877 | 746 | 12853 | 14869 | 4017 | 1450 | 128 |
| SLE Rara - ML max gr.2 | 23870 | 967 | 722 | 15661 | 16070 | 4121 | 1183 | 134 |
| SLE Rara - N max gr.3 | 24209 | 877 | 746 | 12607 | 16315 | 4029 | 1351 | 128 |
| SLE Rara - MT max gr.3 | 24601 | 381 | 986 | 16897 | 6214 | 3803 | 1664 | 117 |
| SLE Rara - ML max gr.3 | 23870 | 471 | 962 | 19705 | 7415 | 3908 | 1397 | 119 |
| SLE Rara - Vento ponte scarico | 24209 | 530 | 881 | 14920 | 9741 | 3832 | 1548 | 114 |
| | | | | | | 4121 | 1183 | 134 |

Tabella 10 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della pila (fusto, pali, ...) 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)

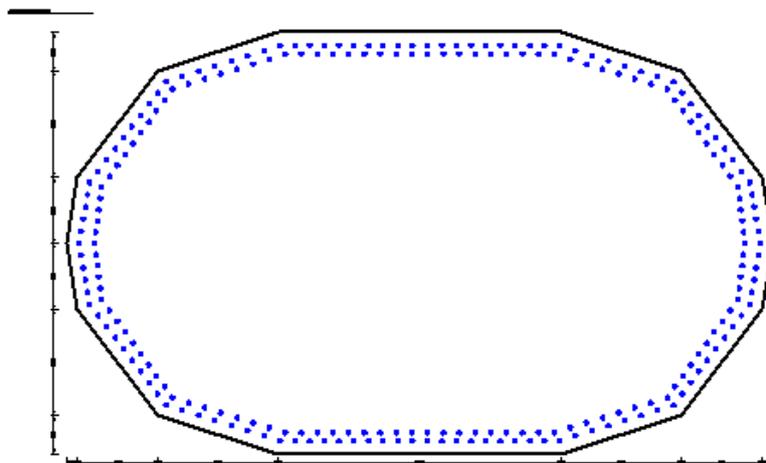
4.9.1 Pila

Taglio di progetto:

| Direzione | | Long.(Myy, Tx) | Trasv.(Mxx, Ty) | |
|--|---------------|----------------|-----------------|------|
| Altezza pila | H | 13.8 | 13.8 | 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 | 7966 | 7300 | kN |
| Momento agente (q=1) | M | 117593 | 104637 | kN*m |
| Taglio agente (con q) | VEd | 5441 | 4980 | kN |
| Momento agente (con q) | MEd | 80349 | 71577 | kN*m |
| Momento Resistente | MRd | 96293 | 132020 | kN*m |
| Rapporto di sovrarresistenza | MRd/MEd | 1.20 | 1.84 | |
| Tipo sezione (EC8-2; eq. 6.11) | | CRITICA | NON CRITICA | |
| Angolo inclinazione bielle compresse | Teta | 45 | da calc. | |
| Limite superiore Vgr | Vgr.max= V | 7966 | 7300 | kN |
| Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza (eq. 7.9.12) | Vgr | 6521 | 9186 | kN |
| Taglio di progetto per la gerarchia della resistenza filtrato (eq. 7.9.12) | Vgr | 6521 | 7300 | kN |
| fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio (eq. 7.9.10) | γ_{Bd} | 1 | 1.23 | |
| fattore di sicurezza aggiuntivo per la resistenza a taglio filtrato (eq. 7.9.10) | γ_{Bd} | 1 | 1.23 | |
| Riassumendo | | | | |
| Taglio di calcolo | Vgr | 6521 | 7300 | kN |
| fattore di sicurezza aggiuntivo filtrato (eq. 7.9.10) | γ_{Bd} | 1.00 | 1.23 | |
| Angolo inclinazione bielle compresse | Teta | 45 | da calc. | |

Nota: nella successiva fase progettuale si dovranno predisporre opportune armature trasversali all'interno delle zone dissipative atte a confinare adeguatamente il nucleo di calcestruzzo della sezione e contrastare l'instabilità delle barre verticali compresse al fine di garantire la necessaria duttilità strutturale come richiesto dal punto 7.9.6.1 della NTC 2018.

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



RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 36 di 60 |

Verifica a Taglio:

| dir. X | | | dir. Y | | |
|---------------------|----------|-----|---------------------|----------|-----|
| Dati sezione | | | Dati sezione | | |
| b | 5000 | mm | b | 3000 | mm |
| h | 3000 | mm | h | 5000 | mm |
| c | 100 | mm | c | 100 | mm |
| fck | 32 | Mpa | fck | 32 | Mpa |
| d | 2900 | | d | 4900 | |
| Staffe | | | Staffe | | |
| ∅ | 16 | mm | ∅ | 16 | mm |
| n | 4 | | n | 4 | |
| s | 100 | mm | s | 100 | mm |
| α | 1.57 | rad | α | 1.57 | rad |
| θ | 0.79 | rad | θ | 0.79 | rad |
| ctgα | 0.00 | | ctgα | 0.00 | |
| ctgθ | 1.00 | | ctgθ | 1.00 | |
| f _{yd} | 391 | Mpa | f _{yd} | 391 | Mpa |
| f'cd | 9.07 | MPa | f'cd | 9.07 | MPa |
| VR _{sd} | 8207.43 | kN | VR _{sd} | 13867.72 | kN |
| VR _{cd} | 59160.00 | kN | VR _{cd} | 59976.00 | kN |
| VR _d | 8207.43 | kN | VR _d | 13867.72 | kN |

Poiché il taglio resistente risulta maggiore del taglio massimo agente (gerarchia delle resistenze), la verifica risulta soddisfatta.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|--------------------------------------|---|----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.800 MPa |
| | Resis. compr. ridotta fcd': | 9.400 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33643.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.100 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 182.60 daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.00 Mpa |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm | |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 450.00 MPa |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 37 di 60 |

| | | |
|------------------------------------|------------------|---------------------|
| Resist. caratt. rottura ftk: | 450.00 | MPa |
| Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.30 | MPa |
| Resist. ultima di progetto fid: | 391.30 | MPa |
| Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 : | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito B1*B2 : | 0.50 | |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 337.50 | MPa |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | 100.0 | 150.0 |
| 2 | 185.0 | 123.0 |
| 3 | 242.0 | 47.0 |
| 4 | 250.0 | 0.0 |
| 5 | 242.0 | -47.0 |
| 6 | 185.0 | -123.0 |
| 7 | 100.0 | -150.0 |
| 8 | -100.0 | -150.0 |
| 9 | -185.0 | -123.0 |
| 10 | -242.0 | -47.0 |
| 11 | -250.0 | 0.0 |
| 12 | -242.0 | 47.0 |
| 13 | -185.0 | 123.0 |
| 14 | -100.0 | 150.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | 98.6 | 141.0 | 30 |
| 2 | 179.5 | 115.3 | 30 |
| 3 | 233.5 | 43.3 | 30 |
| 4 | 240.9 | 0.0 | 30 |
| 5 | 233.5 | -43.3 | 30 |
| 6 | 179.5 | -115.3 | 30 |
| 7 | 98.6 | -141.0 | 30 |
| 8 | -98.6 | -141.0 | 30 |
| 9 | -179.5 | -115.3 | 30 |
| 10 | -233.5 | -43.3 | 30 |
| 11 | -240.9 | 0.0 | 30 |
| 12 | -233.5 | 43.3 | 30 |
| 13 | -179.5 | 115.3 | 30 |
| 14 | -98.6 | 141.0 | 30 |
| 15 | 95.0 | 135.0 | 30 |
| 16 | 175.0 | 110.0 | 30 |
| 17 | 225.0 | 40.0 | 30 |
| 18 | 230.0 | 0.0 | 30 |
| 19 | 225.0 | -40.0 | 30 |
| 20 | 175.0 | -110.0 | 30 |
| 21 | 95.0 | -135.0 | 30 |
| 22 | -95.0 | -135.0 | 30 |
| 23 | -175.0 | -110.0 | 30 |
| 24 | -225.0 | -40.0 | 30 |
| 25 | -230.0 | 0.0 | 30 |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 38 di 60 |

| | | | |
|----|--------|-------|----|
| 26 | -225.0 | 40.0 | 30 |
| 27 | -175.0 | 110.0 | 30 |
| 28 | -95.0 | 135.0 | 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 | 6 | 30 |
| 2 | 2 | 3 | 8 | 30 |
| 3 | 3 | 4 | 4 | 30 |
| 4 | 4 | 5 | 4 | 30 |
| 5 | 5 | 6 | 8 | 30 |
| 6 | 6 | 7 | 6 | 30 |
| 7 | 7 | 8 | 18 | 30 |
| 8 | 8 | 9 | 6 | 30 |
| 9 | 9 | 10 | 8 | 30 |
| 10 | 10 | 11 | 4 | 30 |
| 11 | 11 | 12 | 4 | 30 |
| 12 | 12 | 13 | 8 | 30 |
| 13 | 13 | 14 | 6 | 30 |
| 14 | 1 | 14 | 18 | 30 |
| 15 | 15 | 16 | 6 | 30 |
| 16 | 16 | 17 | 8 | 30 |
| 17 | 17 | 18 | 4 | 30 |
| 18 | 18 | 19 | 4 | 30 |
| 19 | 19 | 20 | 8 | 30 |
| 20 | 20 | 21 | 6 | 30 |
| 21 | 21 | 22 | 16 | 30 |
| 22 | 22 | 23 | 6 | 30 |
| 23 | 23 | 24 | 8 | 30 |
| 24 | 24 | 25 | 4 | 30 |
| 25 | 25 | 26 | 4 | 30 |
| 26 | 26 | 27 | 8 | 30 |
| 27 | 27 | 28 | 6 | 30 |
| 28 | 28 | 15 | 16 | 30 |

ARMATURE A TAGLIO

| | |
|------------------|------------------------------------|
| Diametro staffe: | 12 mm |
| Passo staffe: | 3.1 cm |
| Staffe: | Una sola staffa chiusa perimetrale |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|---|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione) |
| Mx | Momento flettente [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 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 39 di 60 |

| | | | | | |
|----|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 25301.00 | 7699.00 | 16489.00 | 555.00 | 1102.00 |
| 2 | 23759.00 | 7653.00 | 23866.00 | 555.00 | 1102.00 |
| 3 | 24288.00 | 12211.00 | 15642.00 | 689.00 | 1067.00 |
| 4 | 23742.00 | 17655.00 | 16179.00 | 1225.00 | 1102.00 |
| 5 | 22756.00 | 17591.00 | 20413.00 | 1225.00 | 1102.00 |
| 6 | 23213.00 | 21146.00 | 15442.00 | 1359.00 | 1067.00 |
| 7 | 23742.00 | 7644.00 | 20828.00 | 555.00 | 1426.00 |
| 8 | 22756.00 | 7580.00 | 25062.00 | 555.00 | 1426.00 |
| 9 | 23213.00 | 11136.00 | 17864.00 | 689.00 | 1229.00 |
| 10 | 20948.00 | 9896.00 | 15959.00 | 778.00 | 1181.00 |
| 11 | 19581.00 | 5862.00 | 14877.00 | 421.00 | 967.00 |
| 12 | 18039.00 | 5816.00 | 22254.00 | 421.00 | 967.00 |
| 13 | 18568.00 | 10374.00 | 14029.00 | 554.00 | 932.00 |
| 14 | 18022.00 | 15818.00 | 14566.00 | 1090.00 | 967.00 |
| 15 | 18022.00 | 15818.00 | 14566.00 | 1090.00 | 967.00 |
| 16 | 17036.00 | 17292.00 | 18396.00 | 1224.00 | 932.00 |
| 17 | 17493.00 | 17771.00 | 14234.00 | 1090.00 | 967.00 |
| 18 | 18022.00 | 5808.00 | 19216.00 | 421.00 | 1291.00 |
| 19 | 17036.00 | 7282.00 | 23045.00 | 554.00 | 1256.00 |
| 20 | 17493.00 | 10324.00 | 16926.00 | 643.00 | 1152.00 |
| 21 | 16074.00 | 80349.00 | 23805.00 | 5441.00 | 1708.00 |
| 22 | 15372.00 | 80505.00 | 23805.00 | 6521.00 | 1708.00 |
| 23 | 15996.00 | 27760.00 | 71577.00 | 1906.00 | 7300.00 |
| 24 | 15294.00 | 27916.00 | 71577.00 | 1906.00 | 4980.00 |
| 25 | 17043.00 | 27585.00 | 24200.00 | 1906.00 | 1732.00 |
| 26 | 14703.00 | 28105.00 | 24200.00 | 1906.00 | 1732.00 |

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 | 15228.00 | 3695.00 | 12141.00 |
| 2 | 18452.00 | 5300.00 | 11218.00 |
| 3 | 17310.00 | 6292.00 | 16413.00 |
| 4 | 17702.00 | 7503.00 | 10890.00 |
| 5 | 17298.00 | 12675.00 | 10988.00 |
| 6 | 16567.00 | 13653.00 | 13855.00 |
| 7 | 16906.00 | 14122.00 | 10742.00 |
| 8 | 17298.00 | 5260.00 | 14432.00 |
| 9 | 16567.00 | 6238.00 | 17299.00 |
| 10 | 16906.00 | 8416.00 | 12716.00 |

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 | 17646.00 | 4899.00 (2442.35) | 4916.00 (0.00) |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 40 di 60 |

| | | | |
|----|----------|---------------------|---------------------|
| 2 | 16790.00 | 4873.00 (270765.93) | 9014.00 (500858.62) |
| 3 | 17084.00 | 6551.00 (3411.24) | 4670.00 (47159.71) |
| 4 | 16780.00 | 10430.00 (63742.44) | 4743.00 (28986.61) |
| 5 | 16232.00 | 10394.00 (51610.68) | 7095.00 (35229.72) |
| 6 | 16487.00 | 11515.00 (53331.04) | 4558.00 (21110.10) |
| 7 | 16780.00 | 4869.00 (4472.10) | 7326.00 (48614.38) |
| 8 | 16232.00 | 4833.00 (112743.98) | 9678.00 (225767.89) |
| 9 | 16487.00 | 5954.00 (3411.24) | 5904.00 (47159.71) |
| 10 | 15228.00 | 4037.00 (5025.19) | 4468.00 (50854.47) |

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 | 15228.00 | 5029.00 (4692.27) | 4559.00 (50197.02) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 7.5 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 3.0 cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 6.3 cm |

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

| | |
|-----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione) |
| Mx | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| N Res | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.) |
| Mx Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) |
| | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As 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 | 25301.00 | 7699.00 | 16489.00 | 25300.95 | 61797.74 | 133319.29 | 8.071696.5(379.6) | |
| 2 | S | 23759.00 | 7653.00 | 23866.00 | 23759.02 | 47345.56 | 146224.37 | 6.131696.5(379.6) | |
| 3 | S | 24288.00 | 12211.00 | 15642.00 | 24288.27 | 80634.89 | 102997.25 | 6.591696.5(379.6) | |
| 4 | S | 23742.00 | 17655.00 | 16179.00 | 23741.99 | 89713.65 | 81979.51 | 5.071696.5(379.6) | |
| 5 | S | 22756.00 | 17591.00 | 20413.00 | 22756.27 | 82724.38 | 95983.22 | 4.701696.5(379.6) | |
| 6 | S | 23213.00 | 21146.00 | 15442.00 | 23212.99 | 94071.17 | 68322.35 | 4.441696.5(379.6) | |
| 7 | S | 23742.00 | 7644.00 | 20828.00 | 23742.07 | 51848.80 | 142029.51 | 6.811696.5(379.6) | |
| 8 | S | 22756.00 | 7580.00 | 25062.00 | 22755.85 | 44406.81 | 147289.45 | 5.881696.5(379.6) | |
| 9 | S | 23213.00 | 11136.00 | 17864.00 | 23213.28 | 72489.79 | 115394.13 | 6.471696.5(379.6) | |
| 10 | S | 20948.00 | 9896.00 | 15959.00 | 20948.09 | 71111.42 | 113869.70 | 7.151696.5(379.6) | |
| 11 | S | 19581.00 | 5862.00 | 14877.00 | 19581.15 | 53495.78 | 134630.18 | 9.061696.5(379.6) | |
| 12 | S | 18039.00 | 5816.00 | 22254.00 | 18039.10 | 37615.53 | 145690.10 | 6.541696.5(379.6) | |
| 13 | S | 18568.00 | 10374.00 | 14029.00 | 18567.71 | 75203.99 | 102734.48 | 7.301696.5(379.6) | |
| 14 | S | 18022.00 | 15818.00 | 14566.00 | 18021.90 | 85939.97 | 78433.07 | 5.411696.5(379.6) | |
| 15 | S | 18022.00 | 15818.00 | 14566.00 | 18021.90 | 85939.97 | 78433.07 | 5.411696.5(379.6) | |
| 16 | S | 17036.00 | 17292.00 | 18396.00 | 17036.13 | 81467.57 | 86923.41 | 4.721696.5(379.6) | |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 41 di 60 |

| | | | | | | | | |
|----|---|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------------|
| 17 | S | 17493.00 | 17771.00 | 14234.00 | 17492.90 | 88306.18 | 70750.39 | 4.971696.5(379.6) |
| 18 | S | 18022.00 | 5808.00 | 19216.00 | 18021.83 | 42989.93 | 142127.89 | 7.401696.5(379.6) |
| 19 | S | 17036.00 | 7282.00 | 23045.00 | 17036.24 | 44226.63 | 139843.55 | 6.071696.5(379.6) |
| 20 | S | 17493.00 | 10324.00 | 16926.00 | 17492.90 | 68693.04 | 111826.92 | 6.621696.5(379.6) |
| 21 | S | 16074.00 | 80349.00 | 23805.00 | 16073.93 | 96864.13 | 28438.00 | 1.201696.5(379.6) |
| 22 | S | 15372.00 | 80505.00 | 23805.00 | 15372.20 | 96293.32 | 28189.47 | 1.201696.5(379.6) |
| 23 | S | 15996.00 | 27760.00 | 71577.00 | 15996.03 | 51000.96 | 132020.92 | 1.841696.5(379.6) |
| 24 | S | 15294.00 | 27916.00 | 71577.00 | 15294.15 | 51545.61 | 130422.40 | 1.831696.5(379.6) |
| 25 | S | 17043.00 | 27585.00 | 24200.00 | 17043.25 | 86231.90 | 75290.49 | 3.121696.5(379.6) |
| 26 | S | 14703.00 | 28105.00 | 24200.00 | 14703.03 | 84807.17 | 73199.08 | 3.021696.5(379.6) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Xc max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Yc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Xs min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Xs max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.) |
| Ys max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| 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 | 185.0 | 123.0 | 0.00326 | 179.5 | 115.3 | -0.00735 | -179.5 | -115.3 |
| 2 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00326 | 179.5 | 115.3 | -0.00803 | -179.5 | -115.3 |
| 3 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00323 | 179.5 | 115.3 | -0.00733 | -179.5 | -115.3 |
| 4 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00321 | 179.5 | 115.3 | -0.00771 | -179.5 | -115.3 |
| 5 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00322 | 179.5 | 115.3 | -0.00756 | -179.5 | -115.3 |
| 6 | 0.00350 | 100.0 | 150.0 | 0.00319 | 98.6 | 141.0 | -0.00801 | -98.6 | -141.0 |
| 7 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00326 | 179.5 | 115.3 | -0.00783 | -179.5 | -115.3 |
| 8 | 0.00350 | 242.0 | 47.0 | 0.00326 | 233.5 | 43.3 | -0.00822 | -233.5 | -43.3 |
| 9 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00324 | 179.5 | 115.3 | -0.00740 | -179.5 | -115.3 |
| 10 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00324 | 179.5 | 115.3 | -0.00764 | -179.5 | -115.3 |
| 11 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00325 | 179.5 | 115.3 | -0.00821 | -179.5 | -115.3 |
| 12 | 0.00350 | 242.0 | 47.0 | 0.00325 | 233.5 | 43.3 | -0.00882 | -233.5 | -43.3 |
| 13 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00322 | 179.5 | 115.3 | -0.00793 | -179.5 | -115.3 |
| 14 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00319 | 179.5 | 115.3 | -0.00841 | -179.5 | -115.3 |
| 15 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00319 | 179.5 | 115.3 | -0.00841 | -179.5 | -115.3 |
| 16 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00320 | 179.5 | 115.3 | -0.00832 | -179.5 | -115.3 |
| 17 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00318 | 179.5 | 115.3 | -0.00871 | -179.5 | -115.3 |
| 18 | 0.00350 | 242.0 | 47.0 | 0.00324 | 233.5 | 43.3 | -0.00887 | -233.5 | -43.3 |
| 19 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00324 | 179.5 | 115.3 | -0.00901 | -179.5 | -115.3 |
| 20 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00323 | 179.5 | 115.3 | -0.00804 | -179.5 | -115.3 |
| 21 | 0.00350 | 100.0 | 150.0 | 0.00312 | 98.6 | 141.0 | -0.00952 | -98.6 | -141.0 |
| 22 | 0.00350 | 100.0 | 150.0 | 0.00312 | 98.6 | 141.0 | -0.00964 | -98.6 | -141.0 |
| 23 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00324 | 179.5 | 115.3 | -0.00874 | -179.5 | -115.3 |
| 24 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00323 | 179.5 | 115.3 | -0.00879 | -179.5 | -115.3 |
| 25 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00318 | 179.5 | 115.3 | -0.00862 | -179.5 | -115.3 |
| 26 | 0.00350 | 185.0 | 123.0 | 0.00317 | 179.5 | 115.3 | -0.00897 | -179.5 | -115.3 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|---|---|---|-----|--------|
|--------|---|---|---|-----|--------|

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 42 di 60 |

| | | | | | |
|----|-------------|-------------|--------------|------|------|
| 1 | 0.000017077 | 0.000019406 | -0.002046147 | ---- | ---- |
| 2 | 0.000020933 | 0.000016372 | -0.002386403 | ---- | ---- |
| 3 | 0.000013099 | 0.000025409 | -0.002048687 | ---- | ---- |
| 4 | 0.000011105 | 0.000030048 | -0.002250368 | ---- | ---- |
| 5 | 0.000012650 | 0.000027056 | -0.002168176 | ---- | ---- |
| 6 | 0.000009718 | 0.000032908 | -0.002407950 | ---- | ---- |
| 7 | 0.000019688 | 0.000017436 | -0.002286902 | ---- | ---- |
| 8 | 0.000021663 | 0.000015712 | -0.002480866 | ---- | ---- |
| 9 | 0.000014824 | 0.000023047 | -0.002077139 | ---- | ---- |
| 10 | 0.000015197 | 0.000023505 | -0.002202543 | ---- | ---- |
| 11 | 0.000019693 | 0.000019022 | -0.002482935 | ---- | ---- |
| 12 | 0.000023201 | 0.000014229 | -0.002783317 | ---- | ---- |
| 13 | 0.000014311 | 0.000026066 | -0.002353704 | ---- | ---- |
| 14 | 0.000011743 | 0.000032020 | -0.002610994 | ---- | ---- |
| 15 | 0.000011743 | 0.000032020 | -0.002610994 | ---- | ---- |
| 16 | 0.000012819 | 0.000029985 | -0.002559594 | ---- | ---- |
| 17 | 0.000011070 | 0.000034312 | -0.002768314 | ---- | ---- |
| 18 | 0.000022870 | 0.000016581 | -0.002813886 | ---- | ---- |
| 19 | 0.000022928 | 0.000017418 | -0.002884033 | ---- | ---- |
| 20 | 0.000015873 | 0.000024158 | -0.002407902 | ---- | ---- |
| 21 | 0.000005029 | 0.000041315 | -0.003200250 | ---- | ---- |
| 22 | 0.000005055 | 0.000041712 | -0.003262386 | ---- | ---- |
| 23 | 0.000020817 | 0.000019505 | -0.002750308 | ---- | ---- |
| 24 | 0.000020727 | 0.000019881 | -0.002779756 | ---- | ---- |
| 25 | 0.000011604 | 0.000033095 | -0.002717501 | ---- | ---- |
| 26 | 0.000011830 | 0.000034214 | -0.002896871 | ---- | ---- |

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 3.1 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 conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[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 | 1144.65 | 48902.65 | 8079.59318.5 | 283.0 | 332.3 | 1.000 | 1.106 | 10.3 | 73.0(0.0) |
| 2 | S | 1209.96 | 48124.62 | 8864.75348.4 | 310.5 | 299.8 | 1.000 | 1.100 | 10.0 | 73.0(0.0) |
| 3 | S | 1101.33 | 51725.68 | 7344.44288.6 | 257.2 | 388.2 | 1.000 | 1.102 | 10.9 | 73.0(0.0) |
| 4 | S | 1531.06 | 53079.90 | 7107.16278.7 | 248.9 | 412.5 | 1.000 | 1.100 | 15.7 | 73.0(0.0) |
| 5 | S | 1576.45 | 51780.33 | 7281.69285.4 | 255.0 | 394.3 | 1.000 | 1.096 | 15.8 | 73.0(0.0) |
| 6 | S | 1605.54 | 54243.64 | 6993.23273.7 | 244.9 | 429.3 | 1.000 | 1.098 | 16.8 | 73.0(0.0) |
| 7 | S | 1435.50 | 48029.22 | 8600.22338.1 | 301.2 | 308.5 | 1.000 | 1.100 | 12.2 | 73.0(0.0) |
| 8 | S | 1480.20 | 48122.44 | 9041.71354.7 | 316.7 | 295.1 | 1.000 | 1.096 | 11.9 | 73.0(0.0) |
| 9 | S | 1244.32 | 50432.32 | 7609.14298.6 | 266.5 | 366.8 | 1.000 | 1.098 | 11.9 | 73.0(0.0) |
| 10 | S | 1294.56 | 49689.02 | 7652.08299.3 | 268.0 | 362.5 | 1.000 | 1.088 | 12.3 | 73.0(0.0) |
| 11 | S | 988.01 | 46811.19 | 8490.43332.1 | 297.4 | 309.5 | 1.000 | 1.082 | 8.5 | 73.0(0.0) |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 43 di 60 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---|---------|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|------|-----------|
| 12 | S | 1044.42 | 47731.65 | 9464.63368.8 | 331.5 | 284.8 | 1.000 | 1.076 | 8.1 | 73.0(0.0) |
| 13 | S | 934.16 | 50142.07 | 7492.24291.8 | 262.4 | 377.1 | 1.000 | 1.078 | 9.1 | 73.0(0.0) |
| 14 | S | 1356.31 | 51708.06 | 7193.35279.6 | 251.9 | 405.9 | 1.000 | 1.076 | 13.8 | 73.0(0.0) |
| 15 | S | 1356.31 | 51708.06 | 7193.35279.6 | 251.9 | 405.9 | 1.000 | 1.076 | 13.8 | 73.0(0.0) |
| 16 | S | 1491.83 | 50658.21 | 7305.90283.8 | 255.9 | 393.1 | 1.000 | 1.072 | 14.9 | 73.0(0.0) |
| 17 | S | 1334.26 | 52205.15 | 7135.26276.9 | 249.9 | 414.0 | 1.000 | 1.074 | 13.6 | 73.0(0.0) |
| 18 | S | 1292.32 | 46892.40 | 9125.78355.7 | 319.6 | 290.2 | 1.000 | 1.076 | 10.3 | 73.0(0.0) |
| 19 | S | 1335.26 | 46384.71 | 9045.07352.2 | 316.8 | 290.7 | 1.000 | 1.072 | 10.8 | 73.0(0.0) |
| 20 | S | 1169.97 | 48304.38 | 7729.31301.0 | 270.7 | 353.6 | 1.000 | 1.074 | 11.0 | 73.0(0.0) |
| 21 | S | 5607.52 | 53413.59 | 6971.49269.6 | 244.2 | 436.0 | 1.000 | 1.068 | 58.7 | 73.0(0.0) |
| 22 | S | 6679.13 | 53250.18 | 6983.07269.7 | 244.6 | 435.1 | 1.000 | 1.065 | 69.8 | 73.0(0.0) |
| 23 | S | 6630.28 | 45742.98 | 8611.39335.2 | 301.6 | 302.4 | 1.000 | 1.067 | 56.2 | 73.0(0.0) |
| 24 | S | 4913.36 | 45533.66 | 8574.29333.4 | 300.3 | 303.1 | 1.000 | 1.064 | 41.8 | 73.0(0.0) |
| 25 | S | 2371.73 | 51617.48 | 7185.16278.8 | 251.7 | 407.2 | 1.000 | 1.072 | 24.1 | 73.0(0.0) |
| 26 | S | 2367.36 | 51010.76 | 7217.86279.1 | 252.8 | 404.3 | 1.000 | 1.062 | 23.9 | 73.0(0.0) |

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

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 2.25 | 185.0 | 123.0 | -3.1 | -179.5 | -115.3 | 1760 | 77.8 |
| 2 | S | 2.57 | 185.0 | 123.0 | -1.3 | -179.5 | -115.3 | 275 | 7.1 |
| 3 | S | 3.05 | 185.0 | 123.0 | -11.7 | -179.5 | -115.3 | 3703 | 190.9 |
| 4 | S | 2.77 | 185.0 | 123.0 | -5.8 | -179.5 | -115.3 | 1148 | 56.5 |
| 5 | S | 3.52 | 185.0 | 123.0 | -20.2 | -179.5 | -115.3 | 5357 | 233.3 |
| 6 | S | 3.94 | 185.0 | 123.0 | -30.9 | -179.5 | -115.3 | 6554 | 268.6 |
| 7 | S | 3.75 | 100.0 | 150.0 | -26.0 | -98.6 | -141.0 | 6605 | 268.6 |
| 8 | S | 2.74 | 185.0 | 123.0 | -6.5 | -179.5 | -115.3 | 2248 | 134.3 |
| 9 | S | 3.10 | 185.0 | 123.0 | -14.6 | -179.5 | -115.3 | 4903 | 233.3 |
| 10 | S | 3.01 | 185.0 | 123.0 | -11.6 | -179.5 | -115.3 | 2844 | 148.4 |

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

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|----------|-----------|
| 1 | S | -0.00002 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00001 (0.00001) | 370 | 0.003 (0.20) | 48358.04 | 158894.44 |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 44 di 60 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|----------|---|-------|------|----|-------------------|-----|--------------|-----------|-----------|
| 2 | S | -0.00001 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00000 (0.00000) | 453 | 0.002 (0.20) | 114283.69 | 241893.30 |
| 3 | S | -0.00006 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00004 (0.00004) | 354 | 0.012 (0.20) | 28584.31 | 74563.61 |
| 4 | S | -0.00003 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00002 (0.00002) | 358 | 0.006 (0.20) | 55383.45 | 80384.62 |
| 5 | S | -0.00011 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00006 (0.00006) | 372 | 0.023 (0.20) | 37859.53 | 32820.55 |
| 6 | S | -0.00017 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00009 (0.00009) | 379 | 0.035 (0.20) | 30440.48 | 30890.85 |
| 7 | S | -0.00014 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00008 (0.00008) | 380 | 0.030 (0.20) | 35672.20 | 27134.31 |
| 8 | S | -0.00004 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00002 (0.00002) | 340 | 0.007 (0.20) | 37699.26 | 103436.46 |
| 9 | S | -0.00008 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00004 (0.00004) | 362 | 0.016 (0.20) | 24631.81 | 68308.07 |
| 10 | S | -0.00006 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00003 (0.00003) | 353 | 0.012 (0.20) | 37321.97 | 56390.94 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 2.05 | 185.0 | 123.0 | 4.8 | -179.5 | -115.3 | ---- | ---- |
| 2 | S | 2.27 | 185.0 | 123.0 | -0.1 | -179.5 | -115.3 | 263 | 7.1 |
| 3 | S | 2.20 | 100.0 | 150.0 | 1.6 | -98.6 | -141.0 | ---- | ---- |
| 4 | S | 2.76 | 100.0 | 150.0 | -7.5 | -98.6 | -141.0 | 2196 | 113.1 |
| 5 | S | 2.84 | 100.0 | 150.0 | -10.2 | -98.6 | -141.0 | 3344 | 169.6 |
| 6 | S | 2.93 | 100.0 | 150.0 | -11.1 | -98.6 | -141.0 | 3395 | 197.9 |
| 7 | S | 2.15 | 185.0 | 123.0 | 1.6 | -179.5 | -115.3 | ---- | ---- |
| 8 | S | 2.27 | 185.0 | 123.0 | -1.2 | -179.5 | -115.3 | 289 | 7.1 |
| 9 | S | 2.16 | 185.0 | 123.0 | 1.0 | -179.5 | -115.3 | ---- | ---- |
| 10 | S | 1.76 | 185.0 | 123.0 | 4.2 | -179.5 | -115.3 | ---- | ---- |

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 | -0.00022 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 2442.35 | 0.00 |
| 2 | S | 0.00000 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00000 (0.00000) | 445 | 0.000 (0.20) | 270765.93 | 500858.62 |
| 3 | S | -0.00030 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 3411.24 | 47159.71 |
| 4 | S | -0.00004 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00002 (0.00002) | 354 | 0.008 (0.20) | 63742.44 | 28986.61 |
| 5 | S | -0.00006 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00003 (0.00003) | 356 | 0.011 (0.20) | 51610.68 | 35229.72 |
| 6 | S | -0.00006 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00003 (0.00003) | 342 | 0.011 (0.20) | 53331.04 | 21110.10 |
| 7 | S | -0.00028 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 4472.10 | 48614.38 |
| 8 | S | -0.00001 | 0 | 0.500 | 30.0 | 75 | 0.00000 (0.00000) | 463 | 0.002 (0.20) | 112743.98 | 225767.89 |
| 9 | S | -0.00030 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 3411.24 | 47159.71 |
| 10 | S | -0.00020 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 5025.19 | 50854.47 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 1.88 | 185.0 | 123.0 | 2.5 | -179.5 | -115.3 | ---- | ---- |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|------|------|------|-------------|--------|--------------|---------|----------|
| 1 | S | -0.00021 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 4692.27 | 50197.02 |

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A) Viadotto IV01 | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2 | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 | CODIFICA D 09 CL | DOCUMENTO IV 01 00 006 | REV. C |

4.9.2 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 5678 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 8866 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

$$T_{\max} = 806 \text{ kN (CC. SLV } q=1.36)$$

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

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

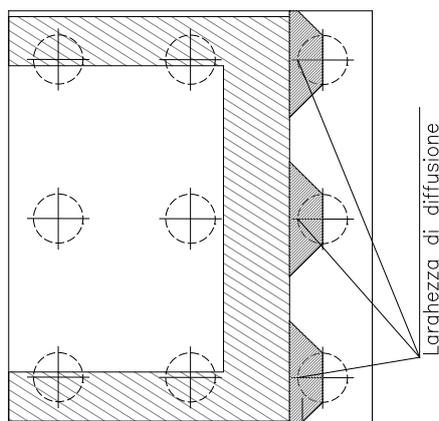
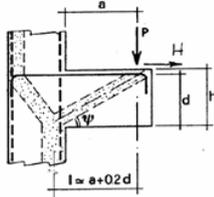


Figura 1 – Diffusione delle azioni dal palo alla pila

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



P,H : Carichi Esterni di Progetto (P_{Ed}, H_{Ed})

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

$$P_R = P_{Rs} = \left(A_s f_{sd} - H_{Ed} \right) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \approx 1 / (0,9d)$$

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

- $P_R \geq P_{Ed}$
- $P_{Rc} \geq P_{Rs}$

Dati di progetto

| | | | |
|-----------------|---------|----|--|
| b(m)= | 3.60 | m | dimensione trasversale verifica |
| P_{Ed} (KN) = | 8866.00 | KN | Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b |
| H_{Ed} (KN) = | 806.00 | KN | Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b |
| a(m) = | 3.60 | m | distanza P da incastrò |
| h(m) = | 2.50 | m | spessore mensola |
| δ (m) = | 0.12 | m | copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione |
| d(m) = | 2.38 | m | altezza utile |
| l(m) = | 4.08 | m | a+0,2d |
| λ = | 1.90 | | $\lambda = \text{ctg} \psi \approx 1 / (0,9d)$ |

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

c(m) = 1.00

Caratteristiche Materiali

| | | | |
|------------|-------|-----|--------------|
| f_{cd} = | 14.1 | MPa | Calcestruzzo |
| f_{yd} = | 391.0 | MPa | Acciaio |

Caratteristiche Armature di Progetto

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|------|-------------------------------------|----------|
| Registro tipo | R1 | | | | |
| n° R1 = | 1 | $\phi 1$ (mm) = | 24.0 | p1(cm) = | 10.0 |
| $A_{\phi i}$ (mm ²) = | 452.39 | nb tot 1 = | 36.0 | $A_{\phi TOT}$ (mm ²) = | 16286.00 |
| | | | | $A_{\phi CAL}$ (mm ²) = | 16286.00 |
| Registro tipo | R2 | | | | |
| n° R2 = | 1 | $\phi 2$ (mm) = | 24.0 | p2(cm) = | 10.0 |
| $A_{\phi i}$ (mm ²) = | 452.39 | nb tot 2 = | 36.0 | $A_{\phi TOT}$ (mm ²) = | 16286.00 |
| | | | | $A_{\phi CAL}$ (mm ²) = | 16286.00 |
| Registro tipo | R3 | | | | |
| n° R3 = | 1 | $\phi 3$ (mm) = | 24.0 | p3(cm) = | 10.0 |
| $A_{\phi i}$ (mm ²) = | 452.39 | nb tot 3 = | 36.0 | $A_{\phi TOT}$ (mm ²) = | 16286.00 |
| | | | | $A_{\phi CAL}$ (mm ²) = | 16286.00 |

Verifiche di resistenza

Ψ = rad = °

P_{RS} = KN

P_{RC} = KN

4.9.3 Palo di fondazione

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione; le sollecitazioni sono ricavate dall'analisi elastica con $q=1$.

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.5 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

| | N | M | V |
|-----------|-------|------|------|
| SLU | 5678 | 480 | 192 |
| SLU | 803 | 480 | 192 |
| SLV $q=1$ | 10896 | 2592 | 1037 |
| SLV $q=1$ | -5787 | 2592 | 1037 |

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare $\varnothing 120 \text{ cm}$

$$A_s = 42 + 42 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 12/20$$

La lunghezza del palo è pari a $L = 43.00 \text{ m}$

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | | |
|---------------------------------------|---|-------------------------------------|------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C25/30 | |
| | Resis. compr. di progetto f_{cd} : | 14.160 MPa | |
| | Resis. compr. ridotta f_{cd}' : | 7.080 MPa | |
| | Def.unit. max resistenza $ec2$: | 0.0020 | |
| | Def.unit. ultima ecu : | 0.0035 | |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale E_c : | 31475.0 MPa | |
| | Resis. media a trazione f_{ctm} : | 2.560 MPa | |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 137.50 daN/cm ² | |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 mm | |
| | ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | | Resist. caratt. snervam. f_{yk} : | 450.00 MPa |
| Resist. caratt. rottura f_{tk} : | | 450.00 MPa | |
| Resist. snerv. di progetto f_{yd} : | | 391.30 MPa | |
| Resist. ultima di progetto f_{td} : | | 391.30 MPa | |
| Deform. ultima di progetto E_{pu} : | | 0.068 | |
| Modulo Elastico E_f : | | 2000000 daN/cm ² | |
| Diagramma tensione-deformaz.: | | Bilineare finito | |
| Coeff. Aderenza istantaneo $B1*B2$: | | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito $B1*B2$: | 0.50 | | |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 337.50 MPa | | |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 48 di 60 |

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

| N°Gen. | Xcentro | Ycentro | Raggio | N°Barre | Ø |
|--------|---------|---------|--------|---------|----|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 51.5 | 42 | 26 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 46.8 | 42 | 26 |

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

| N°Comb. | N | Mx | Vy |
|---------|----------|---------|---------|
| 1 | 5678.00 | 480.00 | 192.00 |
| 2 | 803.00 | 480.00 | 192.00 |
| 3 | 10896.00 | 2592.00 | 1037.00 |
| 4 | -5787.00 | 2592.00 | 1037.00 |
| 5 | 0.00 | 1.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|--------|------|
| 1 | 4121.00 | 335.00 | 0.00 |
| 2 | 1183.00 | 335.00 | 0.00 |

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 49 di 60 |

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|--------------------|------------------|
| 1 | 3550.00 | 224.00 (2442.35) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 1680.00 | 224.00 (270765.93) | 0.00 (500858.62) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 7.2 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 2.1 cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 6.0 cm |

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

| | |
|-----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione) |
| Mx | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| N Res | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.) |
| Mx Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa] |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N Res | Mx Res | Mis.Sic. | As Totale |
|--------|-----|----------|---------|----------|---------|----------|-------------|
| 1 | S | 5678.00 | 480.00 | 5678.26 | 6879.91 | 14.33 | 446.0(33.9) |
| 2 | S | 803.00 | 480.00 | 803.05 | 6513.85 | 13.57 | 446.0(33.9) |
| 3 | S | 10896.00 | 2592.00 | 10895.93 | 6426.79 | 2.48 | 446.0(33.9) |
| 4 | S | -5787.00 | 2592.00 | -5787.22 | 4970.04 | 1.92 | 446.0(33.9) |
| 5 | S | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 6384.15 | 999.00 | 446.0(33.9) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.0 | 60.0 | 0.00299 | 0.0 | 51.5 | -0.00313 | 0.0 | -51.5 |
| 2 | 0.00350 | 0.0 | 60.0 | 0.00285 | 0.0 | 51.5 | -0.00500 | 0.0 | -51.5 |
| 3 | 0.00350 | 0.0 | 60.0 | 0.00308 | 0.0 | 51.5 | -0.00195 | 0.0 | -51.5 |
| 4 | 0.00350 | 0.0 | 60.0 | 0.00247 | 0.0 | 51.5 | -0.00999 | 0.0 | -51.5 |
| 5 | 0.00350 | 0.0 | 60.0 | 0.00282 | 0.0 | 51.5 | -0.00542 | 0.0 | -51.5 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|---|---|---|-----|--------|
|--------|---|---|---|-----|--------|

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 50 di 60 |

| | | | | | |
|---|-------------|-------------|--------------|------|------|
| 1 | 0.000000000 | 0.000059419 | -0.000065137 | ---- | ---- |
| 2 | 0.000000000 | 0.000076191 | -0.001071445 | ---- | ---- |
| 3 | 0.000000000 | 0.000048922 | 0.000564674 | ---- | ---- |
| 4 | 0.000000000 | 0.000120943 | -0.003756602 | ---- | ---- |
| 5 | 0.000000000 | 0.000080008 | -0.001300493 | ---- | ---- |

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[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 | 192.00 | 2466.57 | 1565.55 | 93.3 74.1 | 109.0 | 2.500 | 1.250 | 2.6 | 21.6(0.0) |
| 2 | S | 192.00 | 2217.43 | 1673.50 | 93.9 79.2 | 109.1 | 2.500 | 1.050 | 2.5 | 21.6(0.0) |
| 3 | S | 1037.00 | 1458.68 | 1470.11 | 93.6 69.6 | 107.4 | 2.500 | 0.799 | 15.2 | 21.6(0.0) |
| 4 | S | 1037.00 | 2156.15 | 1868.45 | 97.3 88.5 | 99.8 | 2.500 | 1.000 | 12.0 | 21.6(0.0) |
| 5 | S | 0.00 | 3097.76 | 676.35 | 93.9 80.1 | 109.3 | 1.000 | 1.000 | 0.0 | 21.6(0.0) |

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

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 3.39 | 0.0 | 123.0 | 20.2 | 0.0 | -51.5 | ---- | ---- |
| 2 | S | 1.80 | 0.0 | 123.0 | -5.5 | 0.0 | -51.5 | 366 | 15.9 |

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 Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 51 di 60 |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|------|-------------------|--------|--------------|----------|-----------|
| 1 | S | -0.00002 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 48358.04 | 158894.44 |
| 2 | S | -0.00004 | 0 | 0.500 | 26.0 | 72 | 0.00002 (0.00002) | 346 | 0.006 (0.20) | 1938.20 | 0.00 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 2.71 | 0.0 | 123.0 | 20.1 | 0.0 | -51.5 | ---- | ---- |
| 2 | S | 1.67 | 0.0 | 123.0 | 4.5 | 0.0 | -51.5 | ---- | ---- |

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 | -0.00022 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 2442.35 | 0.00 |
| 2 | S | 0.00000 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 270765.93 | 500858.62 |

4.10 Escursione Longitudinale, giunti e varchi

Le escursioni longitudinali che i vincoli mobili devono consentire, sono state determinate in accordo con quanto indicato nel §2.1.5 della specifica RFI per i ponti [3].

Per i ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi d'appoggio viene valutato mediante la seguente relazione:

$$EL = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot Dt + 4 \cdot dEd \cdot k_2 + 2 \cdot deg)$$

dove:

E_1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

E_2 = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;

E_3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;

k_1 = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;

k_2 = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;

dEd = è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento dE prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel §7.3.3.3 delle NTC [1];

deg = è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il §3.2.3.3 e §3.2.4.2 delle NTC [1];

In favore di sicurezza $deg = d_{ij \max} =$

$$d_{ij \max} = 1,25 \sqrt{d_{gi}^2 + d_{gj}^2}$$

Dove d_{gi} e d_{gj} sono gli spostamenti massimi del suolo nei punti i e j , calcolati con riferimento alle caratteristiche locali del sottosuolo:

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

In ogni caso, dovrà risultare:

$$EL \geq E_0 \quad e \quad EL \geq E_i \quad \text{con } i = 1, 2, 3$$

dove:

E_0 = escursione valutata secondo i criteri validi nelle zone non sismiche;

E_i = il maggiore dei due termini indicati nella espressione precedente.

Nei casi in cui anche una sola delle due precedenti disuguaglianze non risultasse verificata, dovrà assumersi

$$EL = \max(E0; Ei).$$

Per garantire un valore minimo di escursione, in funzione della sismicità del sito, il valore EL dovrà essere assunto non minore di:

$$EL \geq 3,3 \cdot L/1000 + 0,1 \text{ m e } EL \geq 0,15 \text{ m per } ag(SLV) \geq 0,25 \text{ g}$$

$$EL \geq 2,3 \cdot L/1000 + 0,073 \text{ m e } EL \geq 0,10 \text{ m per } ag(SLV) < 0,25 \text{ g}$$

dove:

L = la lunghezza del ponte (m).

- a) La corsa degli apparecchi d'appoggio mobili deve essere non inferiore a

$$EC_{min} = \pm(EL/2 + EL/8) \text{ con un minimo di } \pm(EL/2 + 15 \text{ mm}).$$

- b) Il giunto fra le testate di due travi adiacenti dovrà consentire una escursione totale pari a:

$$EG_{min} = \pm(EL/2 + 10 \text{ mm})$$

- c) Il varco da prevedere fra le testate degli impalcati adiacenti, a temperatura media ambiente, dovrà essere non inferiore a:

$$EV_{min} = EL/2 + 20 \text{ mm}$$

- d) Il ritegno sismico dovrà essere disposto ad una distanza, dal bordo della trave supportata dal vincolo mobile, pari a:

$$ER_{min} = V - 10 \text{ mm}$$

Di seguito vengono valutati preliminarmente i diversi contributi relativi alle diverse azioni (termica, sismica e moto delle fondazioni) e successivamente vengono riportati i calcoli delle diverse grandezze.

| | | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------|----------------|
| a_g | | 0.168 | g |
| F_0 | | 2.99 | |
| S_s | | 1 | |
| S_t | | 1 | |
| T_c | | 0.42 | s |
| T_D | | 2.27 | s |
| Accel. massima al suolo | $S \cdot a_{gmax}$ | 0.17 | g |
| Accel. massima spettro (plateau) | $F_0 \cdot S \cdot a_{gmax}$ | 0.50 | g |
| Inerzia Pila asse y | J_{yy} | 7.97 | m ⁴ |
| Altezza pila | h1 | 11.5 | m |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 54 di 60 |

| | | | | |
|---|------------------------------|--------------|--------------|------------------------|
| Altezza baricentro impalcato | h_2 | 1.8 | m | |
| Altezza totale | $h=h_1+h_2$ | 13.3 | | |
| Rigidezza Pila asse y | K | 167690553 | N/m | |
| Forza agente in fase sismica in dir.x <u>per $q=1$</u> | F | 7569 | kN | |
| Fattore di struttura | q | 1 | | |
| Spostamento testa pila | $d_{Ee} = F/K$ | 0.045 | m | |
| μ_d (par.7.3.3.3 NTC) | | 1 | | |
| Spostamento testa pila (par.7.3.3.3 NTC) | $d_E = d_{Ee} * \mu_d$ | 0.045 | m | |
| | | | | |
| k1 | | 0.45 | | |
| k2 | | 0.55 | | |
| d_g (par.3.2.3.2.1 NTC) | | 0.04 | m | |
| d_{ij} max (par.3.2.4.2) | | 0.07 | | |
| Lunghezza impalcato | | 50 | m | |
| Dilatazione termica impalcato | D_t | 0.016 | m | |
| | | | | |
| E1 | $2 * D_t$ | 0.032 | m | |
| E2 | $4 * d_E * k_2$ | 0.099 | m | |
| E3 | $2 * d_{ij}$ max | 0.140 | m | |
| | | | | |
| EL | $k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$ | 0.077 | m | Spalla - Spalla |
| EL | $k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$ | 0.122 | m | Spalla - Pila |
| EL | $k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$ | 0.167 | m | Pila - Pila |
| | | | | |
| EL min 1 | | 0.188 | m | |
| EL min 2 | | 0.100 | m | |
| EL min | $\max(EL_{min1}; EL_{min2})$ | 0.188 | m | |
| | | | | |
| EL progetto | $\max(EL; EL_{min}; E_i)$ | 0.188 | m | Spalla - Spalla |
| EL progetto | $\max(EL; EL_{min}; E_i)$ | 0.188 | m | Spalla - Pila |
| EL progetto | $\max(EL; EL_{min}; E_i)$ | 0.188 | m | Pila - Pila |
| | | | | |
| Corsa apparecchi di appoggio mobili | par 2.5.2.1.5.2 | 0.118 | +/- m | Spalla - Spalla |
| Corsa apparecchi di appoggio mobili | par 2.5.2.1.5.5 | 0.118 | +/- m | Spalla - Pila |
| Corsa apparecchi di appoggio mobili | par 2.5.2.1.5.5 | 0.118 | +/- m | Pila - Pila |

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 55 di 60 |

| | | | | |
|-------------------------|-----------------|--------------|--------------|------------------------|
| Escursione dei giunti | par 2.5.2.1.5.3 | 0.104 | +/- m | Spalla - Spalla |
| Escursione dei giunti | par 2.5.2.1.5.3 | 0.104 | +/- m | Spalla - Pila |
| Escursione dei giunti | par 2.5.2.1.5.3 | 0.104 | +/- m | Pila - Pila |
| Ampiezza dei varchi 'V' | par 2.5.2.1.5.4 | 0.114 | m | Pila - Pila |
| Ritegni sismici | par 2.5.2.1.5.5 | 0.104 | m | Pila - Pila |

4.11 Ritegni

Dati i bassi valori di sollecitazione, rispetto alla cautelatività dell'approccio adottato ed ai meccanismi resistenti ipotizzati, per l'elemento in oggetto in questa fase progettuale si omettono le verifiche SLE tensionali e a fessurazione.

Le massime forze sismiche afferenti ai differenti impalcati sono le seguenti:

Imp 50,00 m: $P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 5361 \text{ kN}$

Imp 25,00 m: $P_{max} = [(G1+G2)*L+0.2*Q]*a_{max} = 4229 \text{ kN}$

La battuta dell'impalcato da 50m ricade all'interno del pulvino, per cui la verifica risulta non necessaria.

Il ritegno longitudinale è dunque soggetto ad una forza orizzontale pari a:

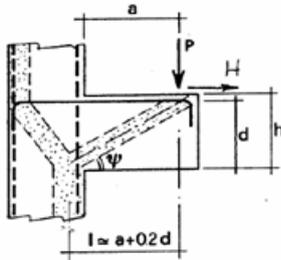
Imp 25,00 m: $P_{max} = 4229 \text{ kN}$

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche:

$B = 4,70 \text{ m}$

$H = 0,40 \text{ m}$

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



P,H : Carichi Esterni di Progetto (P_{Fn}, H_{Fn})

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

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

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

Dati di progetto

| | | | |
|------------------------|-------------|----|--|
| b(m)= | 4.70 | m | dimensione trasversale verifica |
| P _{Ed} (KN) = | 4229 | KN | Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b |
| H _{Ed} (KN) = | 0.00 | KN | Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b |
| a(m) = | 0.50 | m | distanza P da incastro |
| h(m) = | 0.40 | m | spessore mensola |
| δ(m) = | 0.05 | m | copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione |
| d(m) = | 0.35 | m | altezza utile |
| l(m) = | 0.57 | m | a+0,2d |
| λ = | 1.81 | | λ=ctgψ≥1/(0,9d). |

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente C)

sblazi di travi (con staffatura)

c(m) = 1.50

Caratteristiche Materiali

| | | | |
|-------------------|--------------|-----|--------------|
| f _{cd} = | 18.8 | MPa | Calcestruzzo |
| f _{yd} = | 391.0 | MPa | Acciaio |

Caratteristiche Armature di Progetto

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------|------------|-------------|---|-------------|---|-----------------|
| Registro tipo R1 | | | | | | | |
| n° R1 = | 1 | φ1(mm) = | 26.0 | p1(cm) = | 12.5 | θ1° = | 0.0 |
| A _{φ i} (mm ²) = | 530.93 | nb tot 1 = | 37.6 | A _{φ TOT} (mm ²) = | 19962.92 | A _{φ CAL} (mm ²) = | 19962.92 |
| Registro tipo R2 | | | | | | | |
| n° R2 = | 0 | φ2(mm) = | 26.0 | p2(cm) = | 10.0 | θ2° = | 0.0 |
| A _{φ i} (mm ²) = | 530.93 | nb tot 2 = | 0.0 | A _{φ TOT} (mm ²) = | 0.00 | A _{φ CAL} (mm ²) = | 0.00 |
| Registro tipo R3 | | | | | | | |
| n° R3 = | 0 | φ3(mm) = | 26.0 | p3(cm) = | 10.0 | θ3° = | 0.0 |
| A _{φ i} (mm ²) = | 530.93 | nb tot 3 = | 0.0 | A _{φ TOT} (mm ²) = | 0.00 | A _{φ CAL} (mm ²) = | 0.00 |

Verifiche di resistenza

Ψ = rad = °

P_{Rs} = KN

P_{Rc} = KN

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 58 di 60 |

Il ritegno trasversale è dunque soggetto ad una forza orizzontale pari a:

(Imp 50,00 m)/2: $P_{max} = 2680$ kN lato imp. 50m

(Imp 25,00 m)/2: $P_{max} = 2115$ kN lato imp. 25m

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche (lato imp.50m):

$B = 1,75$ m

$H = 0,70$ m

Dati di progetto

| | | | |
|-----------------|-------------|----|--|
| $b(m) =$ | 1.75 | m | dimensione trasversale verifica |
| $P_{Ed} (KN) =$ | 2680 | KN | Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b |
| $H_{Ed} (KN) =$ | 0.00 | KN | Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b |
| $a(m) =$ | 0.50 | m | distanza P da incastro |
| $h(m) =$ | 0.70 | m | spessore mensola |
| $\delta(m) =$ | 0.06 | m | copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione |
| $d(m) =$ | 0.64 | m | altezza utile |
| $l(m) =$ | 0.63 | m | $a+0,2d$ |
| $\lambda =$ | 1.09 | | $\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$ |

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura)

$c(m) = 1.50$

Caratteristiche Materiali

| | | | |
|------------|--------------|-----|--------------|
| $f_{cd} =$ | 18.8 | MPa | Calcestruzzo |
| $f_{yd} =$ | 391.0 | MPa | Acciaio |

Caratteristiche Armature di Progetto

| | | | | | | | |
|-----------------------|----------|----------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| <u>Registro tipo</u> | | R1 | | | | | |
| $n^{\circ} R1 =$ | 1 | $\phi 1(mm) =$ | 24.0 | $p1(cm) =$ | 10.0 | $\theta 1^{\circ} =$ | 0.0 |
| $A_{\phi i} (mm^2) =$ | 452.39 | $nb\ tot\ 1 =$ | 17.5 | $A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$ | 7916.81 | $A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$ | 7916.81 |
| <u>Registro tipo</u> | | R2 | | | | | |
| $n^{\circ} R2 =$ | 0 | $\phi 2(mm) =$ | 26.0 | $p2(cm) =$ | 10.0 | $\theta 2^{\circ} =$ | 0.0 |
| $A_{\phi i} (mm^2) =$ | 530.93 | $nb\ tot\ 2 =$ | 0.0 | $A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$ | 0.00 | $A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$ | 0.00 |
| <u>Registro tipo</u> | | R3 | | | | | |
| $n^{\circ} R3 =$ | 0 | $\phi 3(mm) =$ | 26.0 | $p3(cm) =$ | 10.0 | $\theta 3^{\circ} =$ | 0.0 |
| $A_{\phi i} (mm^2) =$ | 530.93 | $nb\ tot\ 3 =$ | 0.0 | $A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$ | 0.00 | $A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$ | 0.00 |

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{RS} =$ KN

$P_{RC} =$ KN

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche (lato imp.25m):

$$B = 0,50 \text{ m}$$

$$H = 0,90 \text{ m}$$

Dati di progetto

| | | | |
|-----------------|-------------|----|--|
| $b(m) =$ | 0.50 | m | dimensione trasversale verifica |
| $P_{Ed} (KN) =$ | 2115 | KN | Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b |
| $H_{Ed} (KN) =$ | 0.00 | KN | Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b |
| $a(m) =$ | 0.50 | m | distanza P da incastro |
| $h(m) =$ | 0.90 | m | spessore mensola |
| $\delta(m) =$ | 0.10 | m | copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione |
| $d(m) =$ | 0.80 | m | altezza utile |
| $l(m) =$ | 0.66 | m | $a+0,2d$ |
| $\lambda =$ | 0.92 | | $\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$ |

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura)

$c(m) = 1.50$

Caratteristiche Materiali

| | | | |
|------------|--------------|-----|--------------|
| $f_{cd} =$ | 18.8 | MPa | Calcestruzzo |
| $f_{yd} =$ | 391.0 | MPa | Acciaio |

Caratteristiche Armature di Progetto

| Registro tipo | R1 | | | | | | |
|-----------------------|----------|-----------------------|-------------|----------------------------------|-------------|---------------------------------|----------------|
| $n^{\circ} R1 =$ | 1 | $\phi 1 (mm) =$ | 26.0 | $p1 (cm) =$ | 10 | $\theta 1^{\circ} =$ | 0.0 |
| $A_{\phi i} (mm^2) =$ | 530.93 | $nb \text{ tot } 1 =$ | 5.0 | $A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$ | 2654.64 | $A_{\phi} \text{ CAL} (mm^2) =$ | 2654.64 |
| Registro tipo | R2 | | | | | | |
| $n^{\circ} R2 =$ | 1 | $\phi 2 (mm) =$ | 26.0 | $p2 (cm) =$ | 10.0 | $\theta 2^{\circ} =$ | 0.0 |
| $A_{\phi i} (mm^2) =$ | 530.93 | $nb \text{ tot } 2 =$ | 5.0 | $A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$ | 2654.64 | $A_{\phi} \text{ CAL} (mm^2) =$ | 2654.64 |
| Registro tipo | R3 | | | | | | |
| $n^{\circ} R3 =$ | 0 | $\phi 3 (mm) =$ | 26.0 | $p3 (cm) =$ | 10.0 | $\theta 3^{\circ} =$ | 0.0 |
| $A_{\phi i} (mm^2) =$ | 530.93 | $nb \text{ tot } 3 =$ | 0.0 | $A_{\phi} \text{ TOT } (mm^2) =$ | 0.00 | $A_{\phi} \text{ CAL} (mm^2) =$ | 0.00 |

Verifiche di resistenza

$$\Psi = 0.829 \text{ rad} = 47.49^{\circ}$$

$$P_{RS} = 2264.7 \text{ KN} \quad PR_s > P_{Ed} - \text{Verifica Soddisfatta}$$

$$P_{RC} = 2451.8 \text{ KN} \quad PR_c > PR_s - \text{Verifica Soddisfatta}$$

RELAZIONE DI CALCOLO PILA 2/2

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 | D 09 CL | IV 01 00 006 | C | 60 di 60 |

Il pulvino è soggetto ad una forza verticale pari a:

$P_{max} = 4727$ kN (scarico massimo SLU appoggi)

Le sollecitazioni vengono applicate ad una sezione avente le seguenti caratteristiche:

$B = 3,50$ m

$H = 2,00$ m

Dati di progetto

| | | | |
|-----------------|---------------|----|--|
| $b(m) =$ | 3.50 | m | dimensione trasversale verifica |
| $P_{Ed} (KN) =$ | 4727 | KN | Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b |
| $H_{Ed} (KN) =$ | 141.82 | KN | Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b |
| $a(m) =$ | 2.30 | m | distanza P da incastro |
| $h(m) =$ | 2.00 | m | spessore mensola |
| $\delta(m) =$ | 0.10 | m | copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione |
| $d(m) =$ | 1.90 | m | altezza utile |
| $l(m) =$ | 2.68 | m | $a+0,2d$ |
| $\lambda =$ | 1.57 | | $\lambda = ctg\psi \approx l/(0,9d)$ |

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di travi (con staffatura)

$c(m) = 1.50$

Caratteristiche Materiali

| | | | |
|------------|--------------|-----|--------------|
| $f_{cd} =$ | 18.8 | MPa | Calcestruzzo |
| $f_{yd} =$ | 391.0 | MPa | Acciaio |

Caratteristiche Armature di Progetto

| | | | | | |
|-----------------------|-----------|----------------|-------------|--------------------------|-----------------|
| Registro tipo | R1 | | | | |
| $n^{\circ} R1 =$ | 1 | $\phi 1(mm) =$ | 24.0 | $p1(cm) =$ | 10.0 |
| $A_{\phi i} (mm^2) =$ | 452.39 | $nb\ tot\ 1 =$ | 35.0 | $A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$ | 15833.61 |
| | | | | $A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$ | 15833.61 |
| Registro tipo | R2 | | | | |
| $n^{\circ} R2 =$ | 1 | $\phi 2(mm) =$ | 24.0 | $p2(cm) =$ | 10.0 |
| $A_{\phi i} (mm^2) =$ | 452.39 | $nb\ tot\ 2 =$ | 35.0 | $A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$ | 15833.61 |
| | | | | $A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$ | 15833.61 |
| Registro tipo | R3 | | | | |
| $n^{\circ} R3 =$ | 0 | $\phi 3(mm) =$ | 26.0 | $p3(cm) =$ | 10.0 |
| $A_{\phi i} (mm^2) =$ | 530.93 | $nb\ tot\ 3 =$ | 0.0 | $A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$ | 0.00 |
| | | | | $A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$ | 0.00 |

Verifiche di resistenza

$\Psi =$ rad = °

$P_{RS} =$ KN

$P_{RC} =$ KN