

ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

Viadotto Santuzza II

Relazione di calcolo Pile - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 5 3 V I 2 1 0 V I 1 0 C C L 0 0 5 B Scala: -

| | | | | | | |
|------|-------------|--|-----------|-------------|-----------|-------------|
| F | | | | | | |
| E | | | | | | |
| D | | | | | | |
| C | | | | | | |
| B | Luglio 2011 | Revisione a seguito di incontri con il Committente | T. FASOLO | F. NIGRELLI | M. LITI | P. PAGLINI |
| A | Aprile 2011 | EMISSIONE | T. FASOLO | F. NIGRELLI | M. LITI | P. PAGLINI |
| REV. | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO | AUTORIZZATO |

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

3TI ITALIA S.p.A.
DIRETTORE TECNICO
Ing. Stefano Luca Possati
Ordine degli Ingegneri
Provincia di Roma n. 20809

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 1 di 95 |
| | Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | GENERALITÀ | 3 |
| 1.1 | INTRODUZIONE | 3 |
| 1.2 | CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO | 3 |
| 1.3 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 6 |
| 1.3.1 | <i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i> | 6 |
| 1.3.2 | <i>Calcestruzzo</i> | 6 |
| 1.3.3 | <i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i> | 8 |
| 1.4 | NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 8 |
| 2 | ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO | 9 |
| 2.1 | DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO | 9 |
| 2.1.1 | <i>Calcolo della rigidezza effettiva delle pile</i> | 10 |
| 2.2 | ANALISI DEI CARICHI | 10 |
| 2.2.1 | <i>Peso Proprio (g1)</i> | 10 |
| 2.2.2 | <i>Permanenti portati su impalcato (g2)</i> | 11 |
| 2.2.3 | <i>Effetti del ritiro (ϵ_2)</i> | 11 |
| 2.2.4 | <i>Effetti della temperatura (ϵ_3)</i> | 12 |
| 2.2.5 | <i>Carichi mobili (q1)</i> | 12 |
| 2.2.6 | <i>Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)</i> | 13 |
| 2.2.7 | <i>Azione di frenatura/accelerazione (q3)</i> | 13 |
| 2.2.8 | <i>Forza centrifuga (q4)</i> | 14 |
| 2.2.9 | <i>Azione di neve, vento (q5)</i> | 14 |
| 2.2.10 | <i>Azione sismica (q6)</i> | 15 |
| 2.2.11 | <i>Resistenza parassita dei vincoli (q7)</i> | 17 |
| 2.3 | RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO | 17 |
| 3 | SOLLECITAZIONI | 18 |
| 3.1 | SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI | 18 |
| 3.1.1 | <i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i> | 19 |
| 3.1.2 | <i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i> | 19 |
| 3.1.3 | <i>Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata</i> | 21 |
| 3.2 | COMBINAZIONI DI CARICO | 21 |
| 3.3 | SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO | 22 |
| 3.3.1 | <i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i> | 22 |
| 3.3.2 | <i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i> | 24 |
| 3.3.3 | <i>Sollecitazioni sulla palificata</i> | 27 |
| 4 | VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE | 47 |
| 4.1 | S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE | 47 |
| 4.2 | S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO | 50 |
| 4.3 | S.L.E. – FESSURAZIONE | 52 |
| 4.4 | S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI | 53 |
| 5 | EFFETTI DEL SECONDO ORDINE | 55 |
| 5.1 | METODO DELLA CURVATURA NOMINALE | 55 |
| 5.1.1 | <i>Valutazione della snellezza</i> | 55 |
| 5.1.2 | <i>Viscosità</i> | 56 |
| 5.1.3 | <i>Momenti flettenti</i> | 56 |
| 5.1.4 | <i>Curvatura</i> | 57 |
| 5.1.5 | <i>Flessione deviata</i> | 57 |
| 5.2 | VERIFICA ALL'INSTABILITÀ | 59 |
| 5.2.1 | <i>Verifica di resistenza per l'instabilità. Momenti di calcolo al secondo ordine</i> | 59 |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 2 di 95 |
| | Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6 | VERIFICA DEL PULVINO | 65 |
| 6.1 | VERIFICA BAGGIOLI | 67 |
| 7 | DISPOSITIVI ANTISISMICI | 69 |
| 8 | ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE | 72 |
| 8.1 | ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO | 74 |
| 8.2 | VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI..... | 75 |
| 8.3 | VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI TANGENZIALI | 77 |
| 8.4 | S.L.E. - VERIFICHE A FESSURAZIONE | 78 |
| 8.5 | S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI | 83 |
| 9 | VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE | 85 |
| 9.1 | VERIFICHE STRUTTURALI | 85 |
| 9.1.1 | <i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....</i> | <i>86</i> |
| 9.1.2 | <i>S.L.U. – Resistenza: taglio.....</i> | <i>87</i> |
| 9.1.3 | <i>S.L.E. – Fessurazione.....</i> | <i>88</i> |
| 9.1.4 | <i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni.....</i> | <i>90</i> |
| 9.2 | VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI | 91 |
| 9.2.1 | <i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i> | <i>91</i> |
| 9.2.2 | <i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i> | <i>94</i> |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 3 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

1 GENERALITÀ

1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle pile della carreggiata sinistra del viadotto Santuzza II, previsto nell'ambito del progetto esecutivo "CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA - ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 - S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" - AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 - dal km 44+000 allo svincolo con l'A19".

1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO

Il viadotto in esame è a carreggiate separate (carreggiata dx e carreggiata sx). Esso presenta un tracciato planimetrico curvilineo, con raggio di curvatura minimo pari a 1044 m. La carreggiata di destra è composta da 7 campate, mentre quella di sinistra da 5, con campata maggiore di luce pari a 51.13 m.

| Carreggiata SX | |
|-----------------------|-------|
| Numero campata | L [m] |
| 1 | 35 |
| 2 | 50.5 |
| 3 | 50.48 |
| 4 | 50.46 |
| 5 | 35 |

| Carreggiata DX | |
|-----------------------|-------|
| Numero campata | L [m] |
| 1 | 35 |
| 2 | 50.5 |
| 3 | 51.13 |
| 4 | 51.09 |
| 5 | 51.1 |
| 6 | 51 |
| 7 | 35.1 |

L'impalcato di ciascuna carreggiata è realizzato in acciaio-cls con schema statico di trave continua su più appoggi.

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da una coppia di travi a "doppia T" in composizione saldata, disposte ad interasse trasversale pari a 5.75 m per la carreggiata SX e 6.50 m per la carreggiata DX; tali travi hanno un'altezza di 2.7m; lo sviluppo longitudinale è suddiviso in conci collegati mediante giunzioni saldate a completo ripristino.

I traversi sono ad anima piena con sezione trasversale a doppia "T".

Le travi principali sono irrigidite mediante stiffeners trasversali e longitudinali per tutto lo sviluppo della travata. La stabilizzazione della struttura metallica durante le fasi antecedenti alla realizzazione e solidarizzazione della soletta in c.a. è assicurata da un sistema di controventi superiori a croce, realizzato mediante profili angolari standard che vengono rimossi dopo il varo dell'impalcato in acciaio effettuato a spinta a partire da una spalla del viadotto.

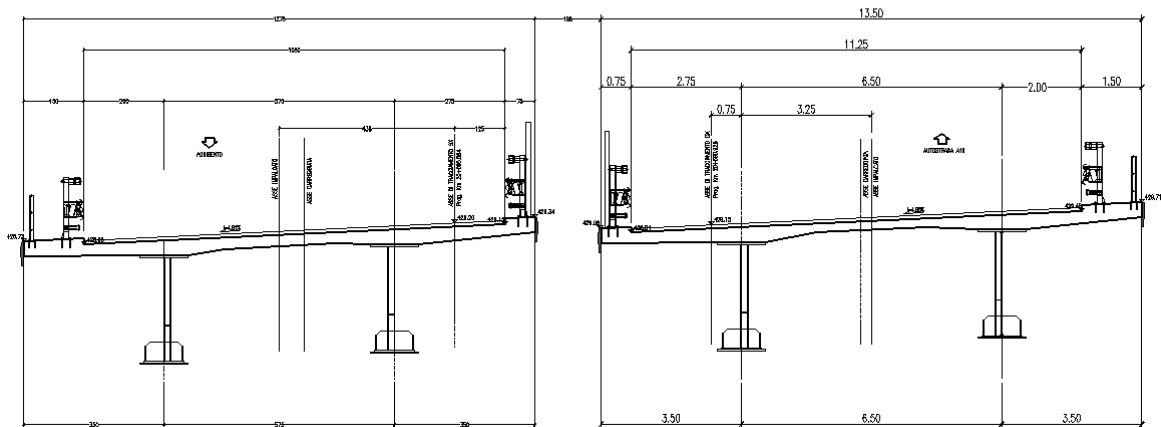
La soletta in calcestruzzo presenta larghezza complessiva di 12.75 m per la carreggiata SX mentre, sulla carreggiata DX è larga 13.50m. Essa, si presenta con spessore variabile, pari a 370 mm in asse travi e 270 mm in asse impalcato. Il getto delle solette sarà effettuato mediante casseri autoportanti. La connessione soletta - travi è realizzata mediante pioli elettrosaldati tipo Nelson Ø22 mm.

Il piano viabile è di 10.50 m di larghezza sulla carreggiata SX e 11.25 su quella DX, con due marciapiedi laterali, di larghezza pari a 1.50 m e 0.75 m.

La figura seguente riporta la sezione trasversale dell'impalcato in sezione corrente.

SEZIONE CAMPATA (SINISTRA DESTRA)

Scala 1:50

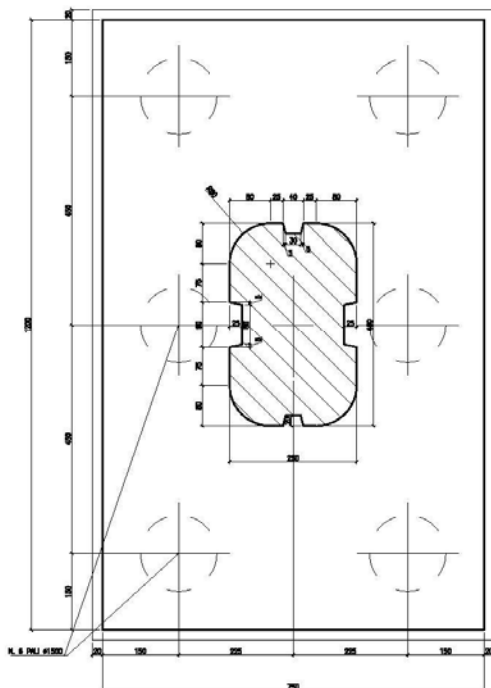


Le pile sono realizzate in c.a. Esse presentano una sagoma cruciforme e sono costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo di dimensioni 4.00 m x 2.50 m sulla carreggiata SX e 4.75m x 2.50m sulla DX, e da un pulvino a sezione variabile che si allarga seguendo una curva circolare fino a raggiungere una larghezza tale da poter accogliere le due travi dell'impalcato.

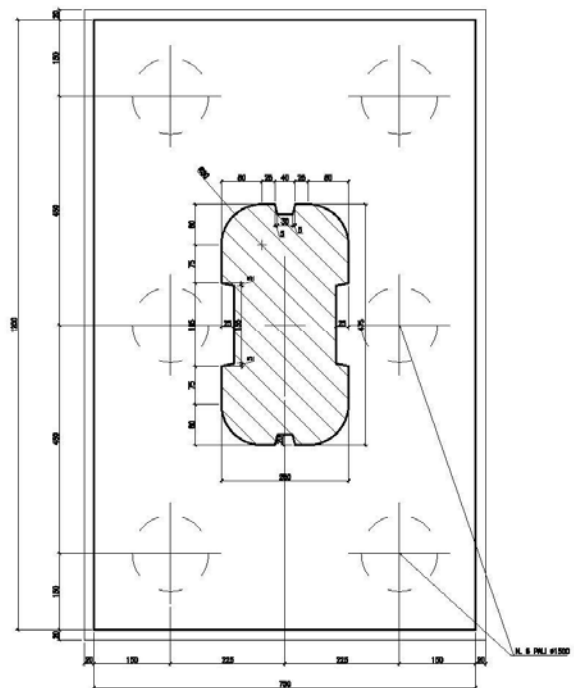
Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro. In particolare la palificata è costituita da 6 pali di diametro Ø1500 mm, posti ad interasse di 4.50 m. I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50m a pianta rettangolare.

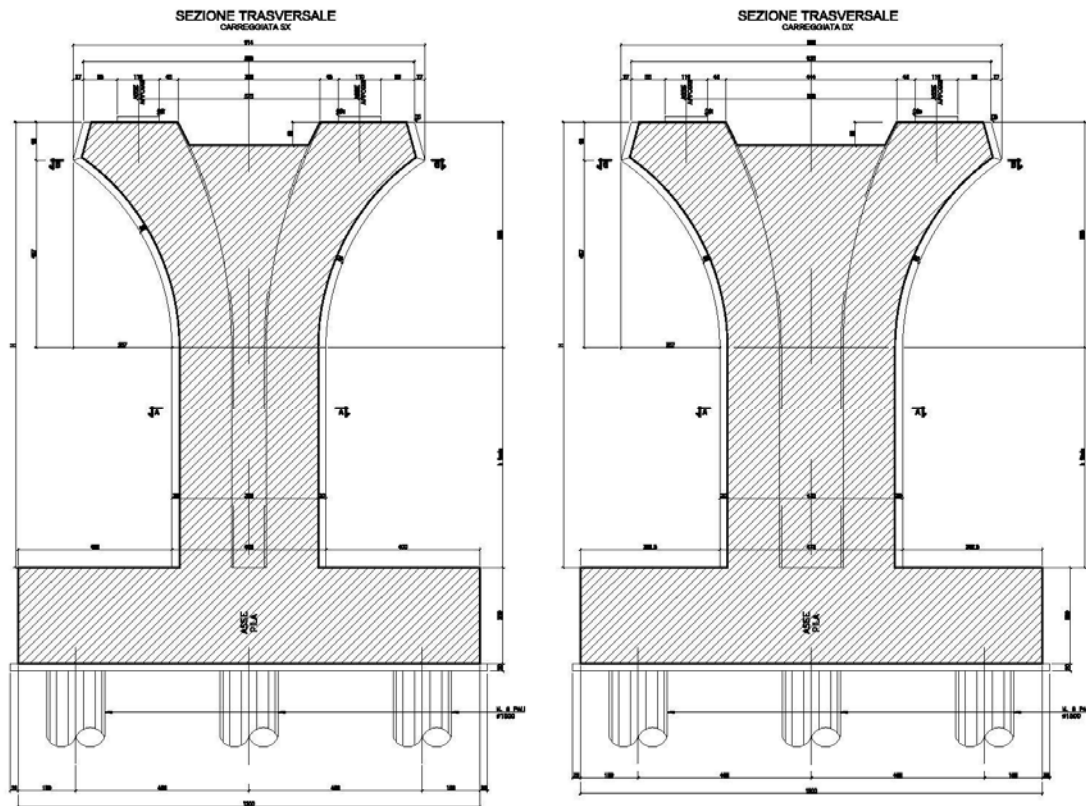
Nelle seguenti figure si illustra la geometria delle pile delle due carreggiate attraverso la pianta spiccato e una sezione trasversale.

PIANTA SPICCATO
 CARREGGIATA SX



PIANTA SPICCATO
 CARREGGIATA DX





L'altezza del fusto, del pulvino e totale di ciascuna pila per entrambe le carreggiate sono riportate nella tabella seguente:

| CARREGGIATA SX | | | | CARREGGIATA DX | | | |
|----------------|-----------------|-------------------|-------|----------------|-----------------|-------------------|-------|
| PILA | H_{fusto} [m] | $H_{pulgino}$ [m] | H [m] | PILA | H_{fusto} [m] | $H_{pulgino}$ [m] | H [m] |
| P01 | 2.40 | 5.86 | 8.26 | P01 | 2.40 | 5.86 | 8.26 |
| P02 | 6.00 | 5.86 | 11.86 | P02 | 4.80 | 5.86 | 10.66 |
| P03 | 8.40 | 5.86 | 14.26 | P03 | 3.60 | 5.86 | 9.46 |
| P04 | 7.20 | 5.86 | 13.06 | P04 | 7.20 | 5.86 | 13.06 |
| | | | | P05 | 8.40 | 5.86 | 14.26 |
| | | | | P06 | 6.00 | 5.86 | 11.86 |

L'impalcato è vincolato alle pile ed alle spalle mediante isolatori sismici ad elastomero armato; questi funzionano come appoggi elastici lineari sia in fase sismica che per le azioni statiche agenti, compresi effetti lenti quali variazioni termiche, fluage, ritiro.

Per le caratteristiche di tali dispositivi si rimanda al paragrafo relativo alla descrizione del modello di calcolo impiegato per l'analisi statiche e sismiche delle sollecitazioni nelle sottostrutture.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 6 di 95 |
| | Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.3.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per l'umidità ambientale si assume $RH = 70 \%$. Per quanto riguarda le classi di esposizione si prevede l'utilizzo di quanto segue:

- pali: XC2;
- zattere pile: XC2;
- elevazione pile e pulvini: XF2;
- baggioli: XF2;
- soletta impalcato: XC4; cordoli e marciapiedi: XF2.

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno pertanto rispettare, oltre i requisiti di resistenza indicati ai punti seguenti, anche i criteri previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

1.3.2 Calcestruzzo

CALCESTRUZZO PALI C25/30

| | | | |
|---------------|---------|-----|---|
| R_{ck} | = 30 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = 25 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{ckj} | = 20.75 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica a j giorni |
| f_{cm} | = 33.00 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = 2.56 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = 1.80 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{cfm} | = 3.08 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| E_{cm} | = 31476 | MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_c | = 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| | | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| α_{cc} | = 0.85 | | |
| f_{cd} | = 14.17 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = 1.20 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| XC2 | | | classe di esposizione |
| S3-S4 | | | classe di consistenza |

CALCESTRUZZO ZATTERA PILE C25/30

| | | | |
|---------------|---------|-----|---|
| R_{ck} | = 30 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = 25 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{ckj} | = 20.75 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica a j giorni |
| f_{cm} | = 33.00 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = 2.56 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = 1.80 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{cfm} | = 3.08 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| E_{cm} | = 31476 | MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_c | = 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| | | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| α_{cc} | = 0.85 | | |
| f_{cd} | = 14.17 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = 1.20 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| XC2 | | | classe di esposizione |
| S3-S4 | | | classe di consistenza |

CALCESTRUZZO ELEVAZIONE PILE E PULVINO C28/35

| | | | | |
|---------------|---|-------------|-----|---|
| R_{ck} | = | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 28 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{ckj} | = | 23.24 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica a j giorni |
| f_{cm} | = | 36.00 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.77 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 1.94 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{cfm} | = | 3.32 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| E_{cm} | = | 32308 | MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_c | = | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| α_{cc} | = | 0.85 | | |
| f_{cd} | = | 15.87 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.29 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| XF2 | | | | classe di esposizione |
| S3-S4 | | | | classe di consistenza |

CALCESTRUZZO SOLETTA IMPALCATO C32/40

| | | | | |
|---------------|---|-------------|-----|---|
| R_{ck} | = | 40 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 32 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{cm} | = | 40.00 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 3.02 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 2.12 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{cfm} | = | 3.63 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| E_{cm} | = | 33346 | MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_c | = | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| α_{cc} | = | 0.85 | | |
| f_{cd} | = | 18.13 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.41 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| XD2 | | | | classe di esposizione |
| S4 | | | | classe di consistenza |

CALCESTRUZZO BAGGIOLI C35/45

| | | | | |
|---------------|---|-------------|-----|---|
| R_{ck} | = | 45 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 35 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{ckj} | = | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica a j giorni |
| f_{cm} | = | 43.00 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 3.21 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 2.25 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{cfm} | = | 3.85 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| E_{cm} | = | 34077 | MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_c | = | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| α_{cc} | = | 0.85 | | |
| f_{cd} | = | 19.83 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.50 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| XF4 | | | | classe di esposizione |
| S4 | | | | classe di consistenza |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 8 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

1.3.3 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

ACCIAIO PER C.A. B450C

| | | | | |
|---------------|---|--------------|-----|--|
| $f_{y,nom}$ | = | 450 | MPa | tensione nominale di snervamento |
| $f_{t,nom}$ | = | 540 | MPa | tensione nominale di rottura |
| f_{yk} | ≥ | $f_{y,nom}$ | | tensione caratteristica di snervamento |
| $f_{t,nom}$ | ≥ | $f_{t,nom}$ | | tensione caratteristica di rottura |
| $(f_t/f_y)_k$ | ≥ | 1.15 | | |
| $(f_t/f_y)_k$ | < | 1.35 | | |
| γ_s | = | 1.15 | | coefficiente di sicurezza |
| f_{yd} | = | 391 | MPa | tensione di snervamento di calcolo |
| σ_s | = | 360.0 | MPa | massima tensione in esercizio |

1.4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi National Application Documents, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente normativa nazionale. In dettaglio si sono prese in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC");
- Circolare n.617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento
- UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche
- UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
- UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- UNI EN 1090 - 2: Execution of steel structures and aluminium structures - part 2: technical requirements for steel structures

2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Per la valutazione delle azioni trasmesse alle sottostrutture dall'impalcato ed, in particolare, per la valutazione della risposta sismica del viadotto, è stato messo a punto per ciascuna carreggiata un modello numerico agli elementi finiti dell'opera che, con buona approssimazione riproduce la distribuzione delle rigidità e delle masse della struttura reale. In questo capitolo, in particolare, si descrive il modello implementato per schematizzare la carreggiata sinistra del viadotto.

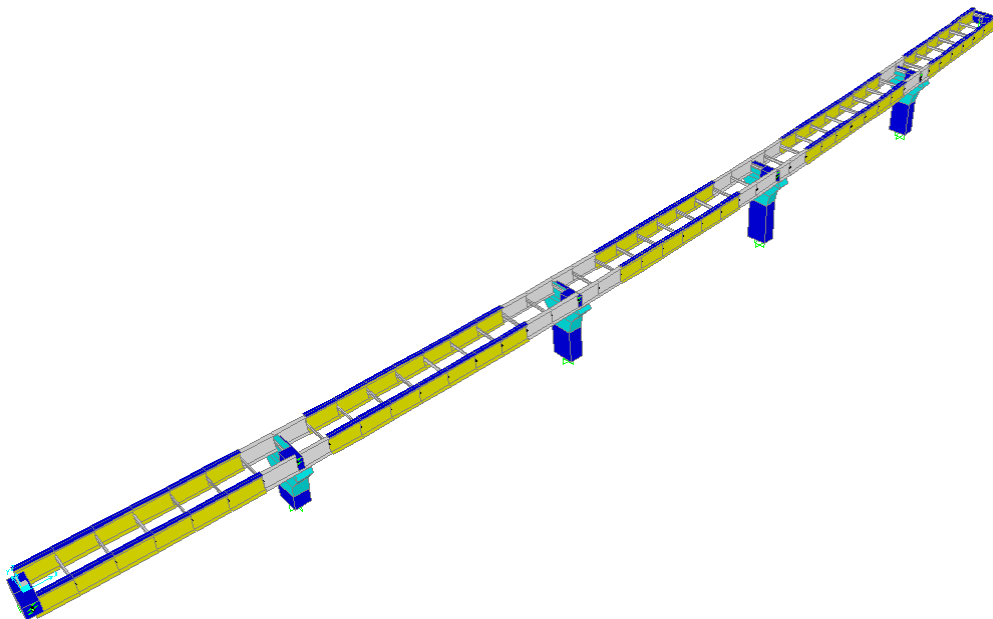
Tutte le membrature costituenti l'impalcato (travi longitudinali, trasversi) sono stati simulati attraverso elementi finiti del tipo beam a sei gradi di libertà per nodo. Con lo stesso tipo di elementi sono state modellate le pile del viadotto. Queste ultime sono state vincolate al piede – in corrispondenza dell'estradosso plinto – mediante vincoli di incastro. Allo scopo di simulare in maniera adeguata i cinematismi consentiti dagli apparecchi di appoggio di tipo elastomerico, tra l'impalcato e le pile sono stati introdotti degli elementi del tipo "Nlink". Nel caso specifico tali elementi sono caratterizzati da un comportamento elastico lineare:

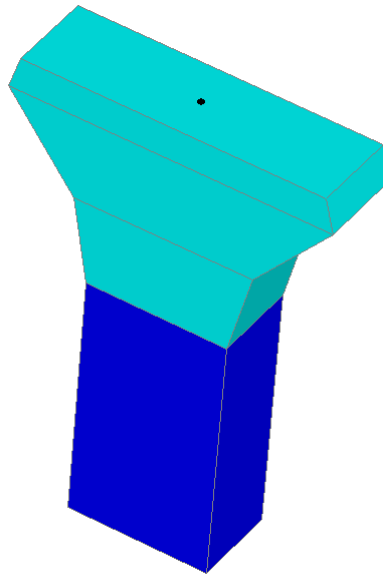
$$K_e = 3.03 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$
$$K_v = 2814 \text{ kN/mm (rigidezza verticale);}$$

Anche sulle spalle sono previsti isolatori elastomerici aventi le medesime caratteristiche di quelli predisposti sulle pile, pertanto, trascurando la deformabilità delle spalle rispetto a quella dei dispositivi sismici, ossia ipotizzando che il moto sismico dell'impalcato risulti disaccoppiato rispetto a quello delle spalle, queste ultime sono state assimilate semplicemente a vincoli cedevoli elasticamente alla traslazione longitudinale, trasversale e verticale.

Come detto, le pile sono state schematizzate con elementi finiti del tipo beam a sei gradi di libertà per nodo. In particolare, gli elementi del fusto presentano sezione costante, sezione variabile quelli del pulvino.

I modelli numerici sono stati implementati mediante il codice di calcolo agli elementi finiti SAP2000 della *Computers and Structures, Inc.* Nelle seguenti figure sono riportate delle viste di tali modelli.





2.1.1 Calcolo della rigidezza effettiva delle pile

La rigidezza delle pile tiene in conto l'effettivo grado di fessurazione che queste raggiungono durante l'evento sismico. In luogo della rigidezza flessionale non-fessurata delle sezioni delle pile viene adottata una *rigidezza effettiva* valutata attraverso la seguente formula:

$$E_c \cdot J_{\text{eff}} = v \cdot M_{\text{Rd}} / \chi_y$$

dove:

M_{Rd} = momento resistente di progetto (relativo allo sforzo normale prodotto dai soli carichi permanenti)

χ_y = curvatura di snervamento (calcolata sui diagrammi M- χ)

v = fattore di correzione per la parte di pila non fessurata (~1.20).

2.2 ANALISI DEI CARICHI

2.2.1 Peso Proprio (g₁)

Il peso proprio delle travi e dei trasversi (g_{1.1}) è preso considerando una incidenza della carpenteria metallica pari a 2 kPa. Attraverso tale incidenza si determina il carico uniformemente distribuito assegnato su ciascuna trave nel modello di calcolo.

| | | | |
|------------------|---|------------|--|
| g _{1.1} | = | 2 kPa | incidenza carpenteria metallica |
| B | = | 12.75 m | larghezza impalcato |
| n | = | 2 | numero travi |
| g _{1.1} | = | 12.75 kN/m | peso carpenteria metallica su ciascuna trave |

Il peso proprio della soletta è stato schematizzato come un carico uniformemente distribuito sulle due travi principali:

Peso proprio della soletta e cordoli (g_{1.2}) – CARREGGIATA SX

| | | | |
|----------|---|----------------------|----------------------------------|
| A | = | 3.97 mq | area sezione trasversale soletta |
| γ | = | 25 kN/m ³ | peso specifico calcestruzzo |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 11 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| | | | |
|---------------|---|------------|--|
| n | = | 2.00 | numero travi |
| $g_{soletta}$ | = | 49.63 kN/m | peso soletta su ciascuna trave (cordoli esclusi) |
| $g_{c,sx}$ | = | 5.63 kN/m | peso cordolo sx |
| $g_{c,dx}$ | = | 2.81 kN/m | peso cordolo dx |
| $g_{1.2,sx}$ | = | 55.25 kN/m | peso soletta + cordolo su trave sx |
| $g_{1.2,dx}$ | = | 52.44 kN/m | peso soletta + cordolo su trave dx |

Il peso delle pile è valutato automaticamente dal codice di calcolo sulla base dell'effettiva geometria delle pile, assumendo un peso specifico del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

2.2.2 Permanenti portati su impalcato (g_2)

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

Permanenti portati (g_2) – CARREGGIATA SX

| | carico unitario [kPa] | larghezza [m] | carico lineare [kN/m] | |
|--------------|-----------------------|---------------|-----------------------|--------------------------------|
| $g_{2.1,sx}$ | 2.50 | 4.88 | 12.19 | pavimentazione lato trave sx |
| $g_{2.1,dx}$ | 2.50 | 5.63 | 14.06 | pavimentazione lato trave dx |
| $g_{2.3,sx}$ | - | - | 1.00 | guard-rail sx |
| $g_{2.3,dx}$ | - | - | 1.00 | guard-rail dx |
| $g_{2.4,sx}$ | - | - | 0.00 | barriera sx |
| $g_{2.4,dx}$ | - | - | 0.00 | barriera dx |
| $g_{2.5,sx}$ | - | - | 1.00 | veletta sx |
| $g_{2.5,dx}$ | - | - | 1.00 | veletta dx |
| g_2 | | | 30.25 | permanente portato totale |
| $g_{2,sx}$ | | | 14.19 | permanente portato su trave sx |
| $g_{2,dx}$ | | | 16.06 | permanente portato su trave dx |

2.2.3 Effetti del ritiro (ϵ_2)

Assumendo in questa fase una deformazione di ritiro pari allo 0.3‰, gli effetti iperstatici del ritiro vengono schematizzati mediante deformazioni impresse di accorciamento e curvatura assegnate nel modello SAP. Per risalire a tali grandezze si calcolano le sollecitazioni indotte dal ritiro della soletta e si riconducono a deformazioni impresse sulla sezione mista del modello di calcolo. Supponendo che il calcestruzzo si fessuri in prossimità degli appoggi per via del momento negativo, gli effetti del ritiro non vengono assegnati su tutta la trave, ma si escudono, appunto, tali zone.

Ritiro (ϵ_2) – CARREGGIATA SX

| | | | |
|-----------------|---|---------------------|---|
| ϵ_{sh} | = | 0.000337 | deformazione da ritiro |
| E^*_c | = | 13033 MPa | modulo elastico ridotto calcestruzzo per fenomeni viscosi |
| σ_{sh} | = | 4.39 MPa | trazione nel calcestruzzo |
| A_c | = | 3.97 m ² | area conglomerato |
| N_{sh} | = | 17437 kN | trazione nella soletta |
| e | = | 0.94 m | eccentricità rispetto a baricentro sezione composta |
| M_{sh} | = | 16373 kNm | momento flettente |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 12 di 95 |
| | Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| | | | |
|------------------|---|----------------------------|-------------------------------------|
| n | = | 2 | numero travi |
| N _{rt} | = | 8718 kN | compressione su ciascuna trave |
| M _{rt} | = | 8186 kNm | momento flettente su ciascuna trave |
| A _{id} | = | 0.50 m ² | area sezione SAP2000 |
| J _{id} | = | 0.31 m ⁴ | momento d'inerzia sezione SAP2000 |
| ε _{SAP} | = | 8.288E-05 | epsilon da assegnare alle travi sap |
| χ _{SAP} | = | 1.238E-04 | chi da assegnare alle travi sap |

2.2.4 Effetti della temperatura (ε₃)

Ai fini della valutazione degli effetti iperstatici delle variazioni termiche sulle sottostrutture, in accordo con quanto previsto dalle norme EN 1991-1-5 sono stati assunti due gradienti termici tra soletta e travi metalliche pari a $\Delta T_{M1} = +15$ °C/m (estradosso più caldo dell'intradosso) e $\Delta T_{M2} = -18$ °C/m (estradosso più freddo dell'intradosso). Inoltre deve essere considerata anche la componente uniforme del carico termico, per i cui valori l'Eurocodice rimanda agli allegati nazionali, dai cui si desume: $\Delta T_{N1} = -26$ °C e $\Delta T_{N2} = +34$ °C.

Le componenti di temperatura uniformi e differenziali sono state considerate simultaneamente, adottando le 8 combinazioni proposte dalla suddetta normativa che scaturiscono dai 4 casi di carico elementari.

2.2.5 Carichi mobili (q₁)

Si seguono le disposizioni contenute nel D.M. 2008, cap. 5.1.3.3.5, equivalenti a quelle contenute in EN 1991-2. Si fa riferimento a ponti di I categoria.

Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile pari a 10.5 m (carreggiata SX) è in grado di ospitare 3 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m. La parte rimanente ("remaining area") risulta pari a 1.50 m.

Corsia di carico n.1 costituita da:

- Schema di carico n.1: n. 4 carichi concentrati da 150 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 9.0 kPa su una larghezza di 3.00 m.

Corsia di carico n. 2 costituita da:

- Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza di 3.00 m.

Corsia di carico n. 3 costituita da:

- Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 50 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza di 3.00 m.

Corsia di carico n. 4 (Remaining area RA) costituita da:

- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza residua di impalcato pari a $(10.50-3.00 \times 3) = 1.50$ m.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 14 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

2.2.8 Forza centrifuga (q4)

In funzione del raggio di curvatura su ciascuna carreggiata si ha la seguente azione centrifuga:

Azione centrifuga (q₄) – CARREGGIATA SX

| | | | |
|----------------|---|-----------------|---------------------------------------|
| R | = | 1044 m | raggio della curva |
| Q _v | = | 1200.00 kN | carico totale dovuto agli assi tandem |
| Q ₄ | = | 45.98 kN | azione centrifuga |
| L | = | 221.5 m | lunghezza tratto in curva |
| q ₄ | = | 0.21 kN/m | azione centrifuga distribuita |

2.2.9 Azione di neve, vento (q5)

Il carico neve viene trascurato in questa analisi in quanto la sua azione è significativa solamente in fase di esecuzione dell'opera; per quanto riguarda invece il vento, a partire da informazioni quali l'ubicazione geografica del sito di realizzazione dell'opera, la rugosità e la topografia del terreno, la categoria di esposizione del sito e l'altezza dal suolo, la normativa (NTC cap.3.3) permette di valutare l'azione del vento in termini di azioni statiche equivalenti (la pressione statica del vento può essere rappresentata in termini di sollecitazioni globali applicate poi alle travi come carichi distribuiti verticali ed orizzontali).

Azione del vento (q₅)

| | | | |
|--------------------|---|-------------------------------|---|
| zona | = | 4 | sicilia |
| v _{b,0} | = | 28 m/s | Tabella 3.3.I |
| a ₀ | = | 500 m | Tabella 3.3.I |
| k _a | = | 0.02 1/s | Tabella 3.3.I |
| a _s | = | 445 m | altitudine del sito |
| v _b | = | 28 m/s | velocità di riferimento |
| ρ | = | 1.25 kg/m ³ | densità dell'aria |
| q _b | = | 0.490 kN/m ² | pressione cinetica di riferimento |
| | = | D | classe di rugosità del terreno |
| c _t | = | 1 | coefficiente di topografia |
| | = | II | categoria di esposizione del sito |
| k _r | = | 0.19 | Tabella 3.3.II |
| z ₀ | = | 0.05 m | Tabella 3.3.II |
| z _{min} | = | 4.00 m | Tabella 3.3.II |
| z | = | 20.00 m | altezza sul suolo |
| c _e | = | 2.81 | coefficiente di esposizione |
| c _p | = | 1 | coefficiente di forma |
| c _d | = | 1 | coefficiente dinamico |
| p | = | 1.4 kN/m ² | pressione del vento |
| H _{vc} | = | 3.00 m | altezza veicolo convenzionale |
| H _{imp} | = | 3.17 m | altezza impalcato |
| H _{vento} | = | 6.17 m | altezza superficie di spinta |
| F _{vento} | = | 8.50 kN/m | azione del vento su impalcato |
| Y _G | = | 2.36 m | distanza da intradosso baricentro impalcato |
| e | = | 0.72 m | eccentricità dell'azione del vento |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 15 di 95 |
| | Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| | | | |
|----------------------|---|------------|--------------------------------------|
| M_{vento} | = | 6.13 kNm/m | coppia torcente |
| d_b | = | 5.75 m | interasse travi |
| q_{5v} | = | 1.07 kN/m | azione verticale su travi di bordo |
| q_{5h} | = | 4.25 kN/m | azione orizzontale su ciascuna trave |
| Vento su pile | | | |
| B | = | 2.5 m | larghezza pila |
| $q_{5,pile}$ | = | 3.44 kN/m | azione del vento trasversale su pile |

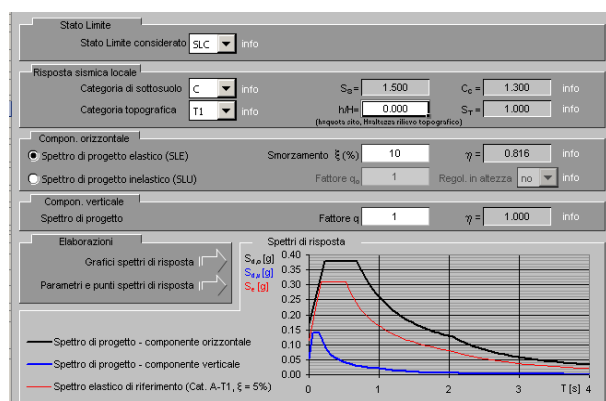
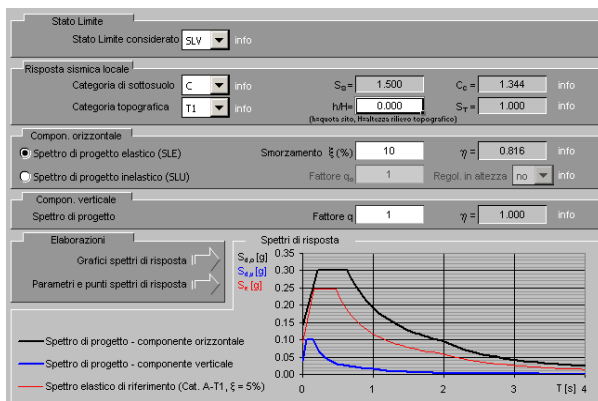
Nella Tabella precedente sono riportate le azioni del vento sull'impalcato e sulle pile. Tali valori sono stati inseriti nel modello di calcolo come carichi distribuiti sugli elementi frame relativi alle travi dell'impalcato e alle pile.

2.2.10 Azione sismica (q6)

La risposta sismica è stata determinata attraverso un'analisi dinamica elastico-lineare con spettro di risposta. A tal fine, sia per le due componenti orizzontali, sia per la componente verticale del sisma, si è fatto riferimento alla spettro di progetto elastico (coefficiente di struttura $q=1$) allo S.L.V. Per il dimensionamento dei dispositivi antisismici si è fatto invece riferimento allo S.L.C. Sebbene i dispositivi sismici di cui si prevede l'impiego garantiscano uno smorzamento superiore al 15%, nelle analisi eseguite, conformemente a quanto prescritto in normativa, è stato considerato uno smorzamento pari al 10 %.

Gli spettri considerati sono caratterizzati dai parametri riportati nei seguenti punti:

- Parametri adottati per lo spettro all'SLV sulla sinistra e all'SLC sulla destra



- Punti dello spettro di risposta all'SLV orizzontale sulla sinistra e verticale sulla destra

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_{gv} | 0.033 g |
| T_0 | 2.843 |
| T_c | 0.473 s |
| S_s | 1.500 |
| C_c | 1.344 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.225 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.500 |
| η | 0.816 |
| T_B | 0.212 s |
| T_C | 0.636 s |
| T_D | 1.373 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10(S+5)} \geq 0,55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6, §. 3.2.3.5)
 $T_B = T_c / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)
 $T_C = C_c \cdot T_c$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_D = 4,0 \cdot a_{gv} / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$
 $T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| T [s] | S_d [g] |
|-------|-----------|
| 0.000 | 0.140 |
| 0.212 | 0.302 |
| 0.636 | 0.302 |
| 0.700 | 0.275 |
| 0.763 | 0.252 |
| 0.827 | 0.232 |
| 0.891 | 0.216 |
| 0.954 | 0.201 |
| 1.018 | 0.189 |
| 1.082 | 0.178 |
| 1.145 | 0.168 |
| 1.209 | 0.159 |
| 1.273 | 0.151 |
| 1.336 | 0.144 |
| 1.400 | 0.137 |
| 1.464 | 0.131 |
| 1.527 | 0.126 |
| 1.591 | 0.121 |
| 1.655 | 0.116 |
| 1.718 | 0.112 |
| 1.782 | 0.108 |
| 1.846 | 0.104 |
| 1.909 | 0.101 |
| 1.973 | 0.097 |
| 2.070 | 0.088 |
| 2.166 | 0.081 |
| 2.263 | 0.074 |
| 2.359 | 0.068 |
| 2.456 | 0.063 |
| 2.552 | 0.058 |
| 2.649 | 0.054 |
| 2.745 | 0.050 |
| 2.842 | 0.047 |
| 2.938 | 0.044 |
| 3.035 | 0.041 |
| 3.131 | 0.039 |
| 3.228 | 0.036 |
| 3.324 | 0.034 |
| 3.421 | 0.032 |
| 3.517 | 0.031 |
| 3.614 | 0.029 |
| 3.710 | 0.028 |
| 3.807 | 0.026 |
| 3.903 | 0.025 |
| 4.000 | 0.024 |

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_{gv} | 0.038 g |
| S_s | 1.000 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |
| T_B | 0.050 s |
| T_C | 0.150 s |
| T_D | 1.000 s |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|-------|
| F_v | 1.090 |
| S | 1.000 |
| η | 1.000 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)
 $F_v = 1,35 \cdot F_v \left(\frac{a_{gv}}{g} \right)^{0,5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$
 $T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$

Punti dello spettro di risposta

| T [s] | S_d [g] |
|-------|-----------|
| 0.000 | 0.038 |
| 0.050 | 0.302 |
| 0.150 | 0.302 |
| 0.235 | 0.085 |
| 0.320 | 0.048 |
| 0.405 | 0.038 |
| 0.490 | 0.031 |
| 0.575 | 0.027 |
| 0.660 | 0.023 |
| 0.745 | 0.020 |
| 0.830 | 0.018 |
| 0.915 | 0.017 |
| 1.000 | 0.015 |
| 1.094 | 0.013 |
| 1.188 | 0.011 |
| 1.281 | 0.009 |
| 1.375 | 0.008 |
| 1.469 | 0.007 |
| 1.563 | 0.006 |
| 1.656 | 0.006 |
| 1.750 | 0.005 |
| 1.844 | 0.004 |
| 1.938 | 0.004 |
| 2.031 | 0.004 |
| 2.125 | 0.003 |
| 2.219 | 0.003 |
| 2.313 | 0.003 |
| 2.406 | 0.003 |
| 2.500 | 0.002 |
| 2.594 | 0.002 |
| 2.688 | 0.002 |
| 2.781 | 0.002 |
| 2.875 | 0.002 |
| 2.969 | 0.002 |
| 3.063 | 0.002 |
| 3.156 | 0.002 |
| 3.250 | 0.001 |
| 3.344 | 0.001 |
| 3.438 | 0.001 |
| 3.531 | 0.001 |
| 3.625 | 0.001 |
| 3.719 | 0.001 |
| 3.813 | 0.001 |
| 3.906 | 0.001 |
| 4.000 | 0.001 |

- Punti dello spettro di risposta all'SLC orizzontale sulla sinistra e verticale sulla destra

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLC |
|--------------|---------|
| a_g | 0.114 g |
| T_0 | 2.726 |
| T_c | 0.523 s |
| S_s | 1.500 |
| C_c | 1.300 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.225 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.500 |
| η | 0.816 |
| T_B | 0.227 s |
| T_C | 0.680 s |
| T_D | 2.054 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10(S+5)} \geq 0,55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6, §. 3.2.3.5)
 $T_B = T_c / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)
 $T_C = C_c \cdot T_c$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| T [s] | S_d [g] |
|-------|-----------|
| 0.000 | 0.170 |
| 0.227 | 0.379 |
| 0.680 | 0.379 |
| 0.746 | 0.346 |
| 0.811 | 0.316 |
| 0.877 | 0.294 |
| 0.942 | 0.274 |
| 1.007 | 0.256 |
| 1.073 | 0.241 |
| 1.138 | 0.227 |
| 1.204 | 0.214 |
| 1.269 | 0.203 |
| 1.335 | 0.193 |
| 1.400 | 0.184 |
| 1.466 | 0.176 |
| 1.531 | 0.169 |
| 1.596 | 0.162 |
| 1.662 | 0.155 |
| 1.727 | 0.149 |
| 1.793 | 0.144 |
| 1.858 | 0.139 |
| 1.924 | 0.134 |
| 1.989 | 0.130 |
| 2.054 | 0.126 |
| 2.147 | 0.115 |
| 2.240 | 0.106 |
| 2.332 | 0.097 |
| 2.425 | 0.090 |
| 2.518 | 0.084 |
| 2.610 | 0.078 |
| 2.703 | 0.073 |
| 2.796 | 0.068 |
| 2.888 | 0.064 |
| 2.981 | 0.060 |
| 3.074 | 0.056 |
| 3.166 | 0.053 |
| 3.259 | 0.050 |
| 3.351 | 0.047 |
| 3.444 | 0.045 |
| 3.537 | 0.042 |
| 3.629 | 0.040 |
| 3.722 | 0.038 |
| 3.815 | 0.036 |
| 3.907 | 0.035 |
| 4.000 | 0.033 |

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLC |
|--------------|---------|
| a_{gv} | 0.052 g |
| S_s | 1.000 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |
| T_B | 0.050 s |
| T_C | 0.150 s |
| T_D | 1.000 s |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|-------|
| F_v | 1.241 |
| S | 1.000 |
| η | 1.000 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)
 $F_v = 1,35 \cdot F_v \left(\frac{a_{gv}}{g} \right)^{0,5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$
 $T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T \quad S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$

Punti dello spettro di risposta

| T [s] | S_d [g] |
|-------|-----------|
| 0.000 | 0.052 |
| 0.050 | 0.141 |
| 0.150 | 0.141 |
| 0.235 | 0.090 |
| 0.320 | 0.066 |
| 0.405 | 0.052 |
| 0.490 | 0.043 |
| 0.575 | 0.038 |
| 0.660 | 0.033 |
| 0.745 | 0.028 |
| 0.830 | 0.025 |
| 0.915 | 0.023 |
| 1.000 | 0.021 |
| 1.094 | 0.018 |
| 1.188 | 0.016 |
| 1.281 | 0.013 |
| 1.375 | 0.011 |
| 1.469 | 0.010 |
| 1.563 | 0.009 |
| 1.656 | 0.008 |
| 1.750 | 0.007 |
| 1.844 | 0.006 |
| 1.938 | 0.006 |
| 2.031 | 0.005 |
| 2.125 | 0.005 |
| 2.219 | 0.004 |
| 2.313 | 0.004 |
| 2.406 | 0.004 |
| 2.500 | 0.003 |
| 2.594 | 0.003 |
| 2.688 | 0.003 |
| 2.781 | 0.003 |
| 2.875 | 0.003 |
| 2.969 | 0.002 |
| 3.063 | 0.002 |
| 3.156 | 0.002 |
| 3.250 | 0.002 |
| 3.344 | 0.002 |
| 3.438 | 0.002 |
| 3.531 | 0.002 |
| 3.625 | 0.002 |
| 3.719 | 0.002 |
| 3.813 | 0.001 |
| 3.906 | 0.001 |
| 4.000 | 0.001 |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 17 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

La massa delle pile è computata automaticamente dal programma di calcolo, una volta definite le caratteristiche geometriche delle sezioni e la densità del materiale (quest'ultima assunta pari a 2500 kg/m³). La massa dell'impalcato (comprensiva del peso proprio della carpenteria metallica, del peso della soletta e dei permanenti portati) è stata attribuita alle due travi principali come una massa per unità di lunghezza di valore 8.33 kN/m per le travi della carreggiata SX.

Sono stati considerati 202 modi di vibrare per la carreggiata SX. Tale numero è risultato sufficiente ad eccitare in ciascuna delle tre direzioni del sisma una massa superiore allo 85% della massa totale. Le tre componenti x, y e z dell'azione sismica (rispettivamente longitudinale, trasversale e verticale) sono state combinate come di seguito:

sisma 1) $E_x + 0.3 \times E_y + 0.3 \times E_z$;
sisma 2) $0.3 \times E_x + E_y + 0.3 \times E_z$;
sisma 3) $0.3 \times E_x + 0.3 \times E_y + E_z$;

2.2.11 Resistenza parassita dei vincoli (q7)

Associati ai carichi verticali si considerano delle azioni orizzontali che a favore di sicurezza vengono valutati pari all'1% dei carichi verticali (tali azioni non sarebbero presenti in questa opera poichè non esiste un punto fisso rispetto al quale l'impalcato tende ad incipiente movimento) tenendo conto che sono dovute alle rotazioni degli isolatori che generano tali azioni orizzontali.

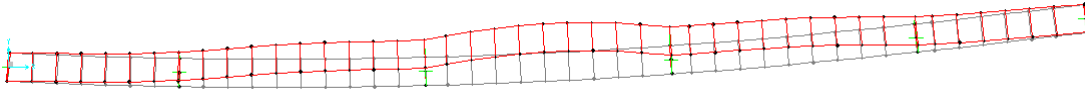
2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

Nel seguito si riportano, per i primi 20 modi vibrare, i periodi propri della carreggiata SX.

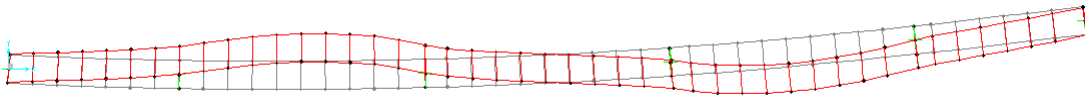
| TABLE: Modal Periods And Frequencies - CARREGGIATA SX | | | | | |
|---|----------|----------|-----------|----------|------------|
| StepType | StepNum | Period | Frequency | CircFreq | Eigenvalue |
| Text | Unitless | Sec | Cyc/sec | rad/sec | rad2/sec2 |
| Mode | 1 | 2.583461 | 0.38708 | 2.4321 | 5.915 |
| Mode | 2 | 2.461328 | 0.40628 | 2.5528 | 6.5166 |
| Mode | 3 | 2.276558 | 0.43926 | 2.7599 | 7.6173 |
| Mode | 4 | 2.053968 | 0.48686 | 3.059 | 9.3578 |
| Mode | 5 | 1.674204 | 0.5973 | 3.7529 | 14.085 |
| Mode | 6 | 1.575159 | 0.63486 | 3.9889 | 15.911 |
| Mode | 7 | 1.312874 | 0.76169 | 4.7858 | 22.904 |
| Mode | 8 | 1.222865 | 0.81775 | 5.1381 | 26.4 |
| Mode | 9 | 1.030838 | 0.97008 | 6.0952 | 37.152 |
| Mode | 10 | 0.886802 | 1.1276 | 7.0852 | 50.2 |
| Mode | 11 | 0.665963 | 1.5016 | 9.4347 | 89.014 |
| Mode | 12 | 0.592724 | 1.6871 | 10.601 | 112.37 |
| Mode | 13 | 0.588571 | 1.699 | 10.675 | 113.96 |
| Mode | 14 | 0.547124 | 1.8277 | 11.484 | 131.88 |
| Mode | 15 | 0.475216 | 2.1043 | 13.222 | 174.81 |
| Mode | 16 | 0.455971 | 2.1931 | 13.78 | 189.88 |
| Mode | 17 | 0.451628 | 2.2142 | 13.912 | 193.55 |
| Mode | 18 | 0.398636 | 2.5086 | 15.762 | 248.43 |
| Mode | 19 | 0.396677 | 2.5209 | 15.84 | 250.89 |
| Mode | 20 | 0.380042 | 2.6313 | 16.533 | 273.34 |

La risposta sismica del viadotto, avendo utilizzato l'analisi modale, è descritta dai suoi modi di vibrare. A titolo esemplificativo si riportano i primi modi di vibrare della carreggiata SX.

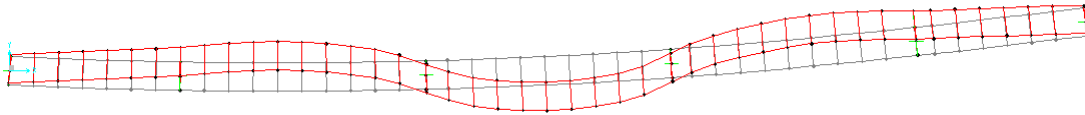
Prima forma modale



Seconda forma modale



Terza forma modale



3 SOLLECITAZIONI

3.1 SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Si riportano al presente paragrafo le sollecitazioni nelle sezioni maggiormente significative della sottostruttura. Tali sollecitazioni sono state determinate attraverso la risoluzione del modello numerico globale illustrato nei paragrafi precedente. Le azioni verticali (F_z) si assumono positive se di compressione, mentre quelle orizzontali (F_x ed F_y) ed i momenti trasversali e longitudinali (M_x e M_y) si assumono in valore assoluto.

Nel seguito si indica con:

| | | |
|--------------|---|--|
| g1-impalcato | = | peso proprio dell'impalcato; |
| g1-pile | = | peso proprio della pila; |
| g1-plinto | = | peso proprio del plinto di fondazione; |
| g2 | = | permanenti portati su impalcato; |
| g2-terreno | = | peso proprio del terreno di ricoprimento; |
| e2 | = | ritiro; |
| e3 | = | carico termico su impalcato; |
| q1.1 | = | carichi mobili – configurazione 1 (massima azione verticale); |
| q1.2 | = | carichi mobili – configurazione 2 (massimo momento trasversale); |
| q3 | = | frenatura; |
| q4 | = | azione centrifuga; |
| q5-impalcato | = | vento trasversale su impalcato; |
| q5-pile | = | vento trasversale su pile; |
| q6.1 | = | sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + 0.3 sisma verticale; |
| q6.2 | = | 0.3 sisma longitudinale + sisma trasversale + 0.3 sisma verticale; |
| q6.3 | = | 0.3 sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + sisma verticale; |
| q7 | = | resistenza parassita dei vincoli (1% dei carichi permanenti). |

3.1.1 Sollecitazioni nella sezione di base delle pile

Si riportano nel seguito le tabelle con le sollecitazioni nella sezione di spiccato per le condizioni di carico elementari.

PILA P01
SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA
 H = 8.26 m altezza pila

| | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |
|--------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] |
| g1-impalcato | 0 | 0 | 6203 | 224 | 0 | 0 |
| g1-pila | 0 | 0 | 2918 | 0 | 0 | 0 |
| g2 | 0 | 0 | 1409 | 51 | 0 | 0 |
| e2 | 36 | 3 | 493 | 424 | 316 | 0 |
| e3 | 165 | 12 | 802 | 754 | 1448 | 0 |
| q1.1 | 0 | 0 | 3687 | 5032 | 3 | 0 |
| q1.2 | 0 | 1 | 2815 | 8322 | 3 | 0 |
| q3 | 154 | 2 | 0 | 21 | 1345 | 0 |
| q4 | 1 | 9 | 0 | 76 | 6 | 0 |
| q5-impalcato | 29 | 371 | 0 | 3247 | 251 | 0 |
| q5-pila | 0 | 28 | 0 | 117 | 0 | 0 |
| q6.1 | 825 | 98 | 60 | 789 | 6588 | 0 |
| q6.2 | 249 | 323 | 61 | 2608 | 1987 | 0 |
| q6.3 | 247 | 97 | 201 | 782 | 1975 | 0 |
| q7 | 76 | 0 | 0 | 0 | 629 | 0 |

PILA P02
SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA
 H = 11.86 m altezza pila

| | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |
|--------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] |
| g1-impalcato | 0 | 0 | 6806 | 229 | 0 | 0 |
| g1-pila | 0 | 0 | 3818 | 0 | 0 | 0 |
| g2 | 0 | 0 | 1546 | 52 | 0 | 0 |
| e2 | 11 | 4 | 83 | 417 | 138 | 0 |
| e3 | 51 | 19 | 135 | 824 | 633 | 0 |
| q1.1 | 0 | 1 | 3950 | 5417 | 2 | 0 |
| q1.2 | 0 | 1 | 2989 | 8896 | 1 | 0 |
| q3 | 147 | 1 | 0 | 13 | 1818 | 0 |
| q4 | 0 | 10 | 0 | 127 | 2 | 0 |
| q5-impalcato | 7 | 436 | 0 | 5382 | 88 | 0 |
| q5-pila | 0 | 41 | 0 | 242 | 0 | 0 |
| q6.1 | 1048 | 127 | 63 | 1368 | 10966 | 0 |
| q6.2 | 316 | 412 | 64 | 4398 | 3310 | 0 |
| q6.3 | 314 | 124 | 211 | 1322 | 3288 | 0 |
| q7 | 84 | 0 | 0 | 0 | 991 | 0 |

PILA P03
SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA
 H = 14.26 m altezza pila

| | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |
|--------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] |
| g1-impalcato | 0 | 0 | 6794 | 239 | 0 | 0 |
| g1-pila | 0 | 0 | 4418 | 0 | 0 | 0 |
| g2 | 0 | 0 | 1544 | 54 | 0 | 0 |
| e2 | 11 | 4 | 82 | 396 | 170 | 0 |
| e3 | 53 | 19 | 133 | 815 | 778 | 0 |
| q1.1 | 0 | 1 | 3949 | 5406 | 3 | 0 |
| q1.2 | 0 | 2 | 2993 | 8871 | 4 | 0 |
| q3 | 140 | 1 | 0 | 22 | 2072 | 0 |
| q4 | 0 | 10 | 0 | 151 | 4 | 0 |
| q5-impalcato | 13 | 434 | 0 | 6405 | 189 | 0 |
| q5-pila | 0 | 49 | 0 | 349 | 0 | 0 |
| q6.1 | 1077 | 157 | 70 | 1947 | 13344 | 0 |
| q6.2 | 330 | 506 | 71 | 6267 | 4083 | 0 |
| q6.3 | 323 | 152 | 233 | 1884 | 4006 | 0 |
| q7 | 83 | 0 | 0 | 0 | 1189 | 0 |

PILA P04
SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA
 H = 13.06 m altezza pila

| | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz |
|--------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] |
| g1-impalcato | 0 | 0 | 6209 | 169 | 1 | 0 |
| g1-pila | 0 | 0 | 4118 | 0 | 0 | 0 |
| g2 | 0 | 0 | 1411 | 38 | 0 | 0 |
| e2 | 35 | 2 | 494 | 311 | 470 | 0 |
| e3 | 159 | 10 | 805 | 593 | 2154 | 0 |
| q1.1 | 0 | 1 | 3698 | 4990 | 7 | 0 |
| q1.2 | 1 | 2 | 2826 | 8250 | 8 | 0 |
| q3 | 144 | 3 | 0 | 34 | 1949 | 0 |
| q4 | 1 | 9 | 0 | 118 | 10 | 0 |
| q5-impalcato | 31 | 372 | 0 | 5029 | 414 | 0 |
| q5-pila | 0 | 45 | 0 | 293 | 0 | 0 |
| q6.1 | 1041 | 146 | 66 | 1685 | 11956 | 0 |
| q6.2 | 327 | 458 | 66 | 5277 | 3732 | 0 |
| q6.3 | 313 | 138 | 219 | 1590 | 3596 | 0 |
| q7 | 76 | 0 | 0 | 0 | 995 | 0 |

3.1.2 Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino

In questo sottoparagrafo, sempre con riferimento alle condizioni di carico elementari, si riportano le tabelle con le sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino, valutate negli elementi Nlink.

PILA P01
SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

| | Link_DX_01 | | | Link_SX_01 | | |
|--------------|------------|------|------|------------|------|------|
| | Fx | Fy | Fz | Fx | Fy | Fz |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| g1-impalcato | 0 | 0 | 3140 | 0 | 0 | 3062 |
| g2 | 0 | 0 | 713 | 0 | 0 | 696 |
| e2 | 18 | 1 | -169 | 18 | 1 | -324 |
| e3 | 83 | 5 | -275 | 83 | 5 | -528 |
| q1.1 | 0 | 0 | 2899 | 0 | 0 | 2448 |
| q1.2 | 0 | 1 | 202 | 0 | 1 | 893 |
| q3 | 77 | 0 | 0 | 77 | 0 | 0 |
| q4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| q5-impalcato | 12 | 185 | 0 | 13 | 185 | 0 |
| q6.1 | 326 | 39 | -32 | 323 | 39 | -31 |
| q6.2 | 98 | 127 | -47 | 98 | 127 | -45 |
| q6.3 | 98 | 38 | -100 | 97 | 38 | -99 |
| q7 | 39 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 |

PILA P02

SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

| | Link_DX_02 | | | Link_SX_02 | | |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Fx [kN] | Fy [kN] | Fz [kN] | Fx [kN] | Fy [kN] | Fz [kN] |
| g1-impalcato | 0 | 0 | 3443 | 0 | 0 | 3363 |
| g2 | 0 | 0 | 782 | 0 | 0 | 764 |
| e2 | 6 | 2 | 123 | 6 | 2 | -40 |
| e3 | 25 | 10 | -200 | 25 | 10 | -65 |
| q1.1 | 0 | 0 | 3097 | 0 | 1 | 2627 |
| q1.2 | 0 | 1 | 82 | 0 | 1 | 986 |
| q3 | 74 | 3 | 0 | 73 | 3 | 0 |
| q4 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| q5-impalcato | 10 | 218 | 0 | 10 | 218 | 0 |
| q6.1 | 312 | 35 | -34 | 309 | 35 | -35 |
| q6.2 | 94 | 116 | -65 | 93 | 116 | -72 |
| q6.3 | 93 | 35 | -98 | 93 | 35 | -98 |
| q7 | 42 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 |

PILA P03

SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

| | Link_DX_03 | | | Link_SX_03 | | |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Fx [kN] | Fy [kN] | Fz [kN] | Fx [kN] | Fy [kN] | Fz [kN] |
| g1-impalcato | 0 | 0 | 3439 | 0 | 0 | 3355 |
| g2 | 0 | 0 | 781 | 0 | 0 | 762 |
| e2 | 6 | 2 | 120 | 6 | 2 | -39 |
| e3 | 27 | 7 | -196 | 27 | 7 | -63 |
| q1.1 | 0 | 1 | 3095 | 0 | 1 | 2623 |
| q1.2 | 0 | 1 | 37 | 0 | 1 | 994 |
| q3 | 70 | 4 | 0 | 70 | 4 | 0 |
| q4 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| q5-impalcato | 9 | 217 | 1 | 9 | 217 | -1 |
| q6.1 | 297 | 45 | -37 | 295 | 44 | -38 |
| q6.2 | 90 | 116 | -80 | 89 | 116 | -82 |
| q6.3 | 89 | 36 | -100 | 88 | 36 | -100 |
| q7 | 42 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 |

PILA P04

SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

| | Link_DX_04 | | | Link_SX_04 | | |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Fx [kN] | Fy [kN] | Fz [kN] | Fx [kN] | Fy [kN] | Fz [kN] |
| g1-impalcato | 0 | 0 | 3134 | 0 | 0 | 3075 |
| g2 | 0 | 0 | 712 | 0 | 0 | 699 |
| e2 | 17 | 1 | -188 | 17 | 1 | -306 |
| e3 | 80 | 3 | -306 | 79 | 3 | -499 |
| q1.1 | 0 | 1 | 2898 | 0 | 1 | 2449 |
| q1.2 | 0 | 1 | 41 | 0 | 1 | 1997 |
| q3 | 72 | 6 | 0 | 71 | 6 | 0 |
| q4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| q5-impalcato | 5 | 186 | 2 | 5 | 186 | -2 |
| q6.1 | 304 | 49 | -36 | 301 | 49 | -36 |
| q6.2 | 92 | 126 | -68 | 91 | 126 | -68 |
| q6.3 | 91 | 39 | -104 | 90 | 39 | -104 |
| q7 | 38 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 |

3.1.3 Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata

SOTTOSTRUTTURA PILA P01-P02-P03-P04

SOLLECITAZIONI SOTTOSTRUTTURA RISPETTO A BARICENTRO PALIFICATA

| | | |
|----|-------|---|
| ex | 0 m | eccentricità longitudinale baricentro pila rispetto a baricentro palificata |
| ey | 0 m | eccentricità trasversale baricentro pila rispetto a baricentro palificata |
| ez | 2.5 m | eccentricità verticale baricentro pila rispetto a baricentro palificata |

peso plinto (g1) e peso terreno di ricoprimento (g2)

| | | |
|--------------------|-------------------------|---------------------------------|
| γ_{cls} | 25.00 kN/m ³ | peso specifico cls |
| $\gamma_{terreno}$ | 18.00 kN/m ³ | peso specifico terreno |
| Bx | 8.40 m | dimensione plinto lungo x |
| By | 13.80 m | dimensione plinto lungo y |
| Bz | 2.50 m | dimensione plinto lungo z |
| Dz | 1.00 m | altezza terreno di ricoprimento |

| | | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
| g1-plinto | 0 | 0 | 7245 | 0 | 0 |
| g2-terreno | 0 | 0 | 2087 | 0 | 0 |

3.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le formulazioni generali delle combinazioni di carico nell'ambito dei vari S.L. si rimanda alle NTC cap. 2.5.3 (rif. Eurocodice EN 1990-annex.A2 cap. A2.3, A2.4). Scegliendo di adottare per le verifiche geotecniche della palificata l'approccio 2 (NTC cap.6) per il quale i coefficienti parziali delle azioni coincidono con quelli da adottare per le verifiche strutturali, le combinazioni da tenere in conto sono quella fondamentale (S.L.U), la sismica (S.L.V.), la frequente (S.L.E.), la quasi permanente (S.L.E.) e la caratteristica (S.L.E.). Le azioni elementari sono state combinate attraverso i coefficienti parziali riportati nella seguente matrice.

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

| | S.L.U. | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| | q1 | | | | | | q3 | | | | | | | | |
| g1-imp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g1-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g2-imp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g2-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g3-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| e2-imp | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| e3-imp | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 |
| q1.1-imp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 |
| q1.2-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| q1-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| q3-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| q4-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5-imp | 0.90 | 0.90 | -0.90 | -0.90 | 0.90 | 0.90 | -0.90 | -0.90 | 0.90 | 0.90 | -0.90 | -0.90 | 0.90 | 0.90 | -0.90 |
| q6.1x-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1y-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1z-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1x-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2x-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2y-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2z-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q7-imp | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |

| | S.L.U. | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| | q4 | | | | | | q5 | | | | | | | | |
| g1-imp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g1-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g2-imp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g2-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g3-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| e2-imp | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| e3-imp | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 | -0.72 | 0.72 |
| q1.1-imp | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 |
| q1.2-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| q1-sp | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| q3-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q4-imp | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5-imp | 0.90 | 0.90 | -0.90 | -0.90 | 0.90 | 0.90 | -0.90 | -0.90 | 1.50 | 1.50 | -1.50 | -1.50 | 1.50 | 1.50 | -1.50 |
| q6.1x-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1y-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1z-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1x-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2x-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2y-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2z-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q7-imp | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |

| | S.L.U. e3 | | | | | | | | q6.x | | S.L.V. q6.y | | q6.z | |
|-----------|--------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------|-------|------|-------|
| | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| g1-imp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| g1-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| g2-imp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| g2-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| g3-sp | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| e2-imp | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| e3-imp | 1.20 | -1.20 | 1.20 | -1.20 | 1.20 | -1.20 | 1.20 | -1.20 | 0.50 | -0.50 | 0.50 | -0.50 | 0.50 | -0.50 |
| q1.1-imp | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q1.2-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q1t-sp | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q3-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q4-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5-imp | 0.90 | 0.90 | -0.90 | -0.90 | 0.90 | 0.90 | -0.90 | -0.90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1x-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1y-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| q6.1z-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| q6.1x-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2x-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2y-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| q6.2z-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| q7-imp | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |

| | S.L.car | | | | | | | | S.L.E. | | | | | | | | S.L.freq | | | | S.L.qp | | | | | |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|--------|-------|------|-------|------|-------|
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| g1-imp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| g1-sp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| g2-imp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| g2-sp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| g3-sp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| e2-imp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| e3-imp | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.60 | -0.60 | 0.50 | -0.50 |
| q1.1-imp | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q1.2-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q1t-sp | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0 | 0 | 0 |
| q3-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q4-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5-imp | 0.60 | 0.60 | -0.60 | -0.60 | 0.60 | 0.60 | -0.60 | -0.60 | 0.20 | 0.20 | -0.20 | -0.20 | 0.20 | 0.20 | -0.20 | -0.20 | 0.20 | 0.20 | -0.20 | -0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0 | 0 |
| q6.1x-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1y-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1z-imp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1x-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2x-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2y-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2z-sp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q7-imp | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |

3.3 SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

3.3.1 Sollecitazioni nella sezione di base delle pile

In queste tabelle si riportano le sollecitazioni relative alle diverse combinazioni di carico con riferimento alla sezione di spiccato.

PILA P01

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | q1 | | | | | | | | q3 | | | | | | | |
| Fx | 257 | 19 | 206 | -32 | 257 | 19 | 206 | -33 | 487 | 249 | 436 | 198 | 487 | 249 | 436 | 198 |
| Fy | 371 | 354 | -347 | -364 | 372 | 355 | -346 | -363 | 375 | 358 | -344 | -361 | 375 | 358 | -343 | -360 |
| Fz | 20361 | 19206 | 20361 | 19206 | 19184 | 18029 | 19184 | 18029 | 19117 | 17962 | 19117 | 17962 | 18234 | 17079 | 18234 | 17079 |
| Mx | 11244 | 10158 | 5187 | 4101 | 15685 | 14599 | 9629 | 8543 | 9577 | 8491 | 3520 | 2434 | 12908 | 11822 | 6851 | 5766 |
| My | 2219 | 133 | 1767 | -319 | 2219 | 133 | 1766 | -319 | 4235 | 2150 | 3783 | 1697 | 4235 | 2149 | 3783 | 1697 |

| | SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | q4 | | | | | | | | q5 | | | | | | | |
| Fx | 258 | 20 | 206 | -32 | 258 | 20 | 206 | -32 | 274 | 36 | 188 | -50 | 274 | 36 | 188 | -50 |
| Fy | 384 | 367 | -334 | -351 | 385 | 368 | -334 | -351 | 611 | 594 | -587 | -604 | 611 | 594 | -586 | -603 |
| Fz | 19117 | 17962 | 19117 | 17962 | 18234 | 17079 | 18234 | 17079 | 19117 | 17962 | 19117 | 17962 | 18234 | 17079 | 18234 | 17079 |
| Mx | 9660 | 8574 | 3603 | 2518 | 12991 | 11905 | 6935 | 5849 | 11564 | 10478 | 1470 | 384 | 14895 | 13810 | 4801 | 3715 |
| My | 2227 | 141 | 1774 | -311 | 2226 | 141 | 1774 | -311 | 2369 | 283 | 1615 | -471 | 2368 | 283 | 1614 | -471 |

| | SLU e3 | | | | | | | | S.L.V. q6.x q6.y q6.z | | | | | | | |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--|
| | Fx | 336 | -60 | 285 | -112 | 336 | -60 | 285 | -112 | 990 | 824 | 413 | 248 | 412 | 247 | |
| Fy | 377 | 349 | -342 | -370 | 377 | 349 | -341 | -369 | 106 | 94 | 331 | 320 | 105 | 94 | | |
| Fz | 19502 | 17576 | 19502 | 17576 | 18619 | 16694 | 18619 | 16694 | 11484 | 10682 | 11485 | 10682 | 11625 | 10823 | | |
| Mx | 9907 | 8097 | 3851 | 2041 | 13239 | 11429 | 7182 | 5372 | 1864 | 1110 | 3684 | 2930 | 1858 | 1104 | | |
| My | 2913 | -563 | 2461 | -1015 | 2913 | -563 | 2460 | -1015 | 8005 | 6557 | 3405 | 1956 | 3393 | 1945 | | |

| | S.L.E. | | | | | | | | S.L.freq | | | | | | | | S.L.qp | |
|----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | S.L.car | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 198 | 0 | 164 | -34 | 198 | 0 | 163 | -35 | 187 | -11 | 176 | -23 | 186 | -12 | 175 | -23 | 164 | -1 |
| Fy | 249 | 235 | -230 | -244 | 248 | 234 | -230 | -245 | 90 | 76 | -70 | -84 | 89 | 75 | -71 | -85 | 8 | -3 |
| Fz | 14269 | 13306 | 14269 | 13306 | 9393 | 8430 | 9393 | 8430 | 14269 | 13306 | 14269 | 13306 | 9393 | 8430 | 9393 | 8430 | 11424 | 10621 |
| Mx | 6944 | 6039 | 2906 | 2001 | -3072 | -3977 | -7110 | -8015 | 5598 | 4693 | 4252 | 3347 | -4418 | -5323 | -5764 | -6669 | 1075 | 321 |
| My | 1716 | -22 | 1414 | -324 | 1711 | -27 | 1409 | -329 | 1615 | -123 | 1515 | -223 | 1610 | -128 | 1510 | -228 | 1418 | -31 |

PILA P02

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | | SLU | | | | | | | | q3 | | | | | | | |
|----|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | q1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | | 132 | 58 | 119 | 46 | 132 | 58 | 119 | 45 | 353 | 279 | 340 | 266 | 353 | 279 | 340 | 266 |
| Fy | | 448 | 421 | -409 | -436 | 449 | 422 | -408 | -435 | 449 | 422 | -408 | -435 | 450 | 423 | -407 | -434 |
| Fz | | 21959 | 21764 | 21959 | 21764 | 20663 | 20468 | 20663 | 20468 | 20626 | 20431 | 20626 | 20431 | 19654 | 19459 | 19654 | 19459 |
| Mx | | 13848 | 12681 | 3724 | 2538 | 18545 | 17358 | 8421 | 7234 | 12039 | 10852 | 1915 | 728 | 15561 | 14374 | 5437 | 4250 |
| My | | 1685 | 774 | 1527 | 615 | 1684 | 773 | 1526 | 614 | 4411 | 3500 | 4253 | 3342 | 4410 | 3499 | 4252 | 3341 |

| | | SLU | | | | | | | | q5 | | | | | | | |
|----|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | q4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | | 132 | 59 | 119 | 46 | 132 | 58 | 119 | 46 | 136 | 63 | 115 | 41 | 136 | 63 | 115 | 41 |
| Fy | | 463 | 436 | -394 | -421 | 464 | 437 | -393 | -421 | 734 | 707 | -695 | -722 | 734 | 707 | -695 | -722 |
| Fz | | 20626 | 20431 | 20626 | 20431 | 19654 | 19459 | 19654 | 19459 | 20626 | 20431 | 20626 | 20431 | 19654 | 19459 | 19654 | 19459 |
| Mx | | 12210 | 11023 | 2086 | 899 | 15732 | 14545 | 5608 | 4421 | 15395 | 14208 | -1478 | -2665 | 18917 | 17730 | 2044 | 857 |
| My | | 1687 | 776 | 1529 | 618 | 1687 | 776 | 1528 | 617 | 1737 | 826 | 1473 | 562 | 1736 | 825 | 1472 | 561 |

| | | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | | | | | |
|----|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|------|--|--|--|
| | | e3 | | | | | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | | |
| Fx | | 157 | 34 | 144 | 21 | 157 | 34 | 144 | 21 | 1134 | 1083 | 403 | 352 | 401 | 350 | | | | | | |
| Fy | | 457 | 412 | -400 | -446 | 458 | 412 | -400 | -445 | 141 | 122 | 426 | 407 | 137 | 119 | | | | | | |
| Fz | | 20691 | 20366 | 20691 | 20366 | 19719 | 19394 | 19719 | 19394 | 12384 | 12249 | 12385 | 12250 | 12532 | 12396 | | | | | | |
| Mx | | 12416 | 10438 | 2292 | 314 | 15938 | 13960 | 5814 | 3836 | 2478 | 1654 | 5508 | 4684 | 2433 | 1609 | | | | | | |
| My | | 1988 | 469 | 1830 | 311 | 1987 | 469 | 1829 | 310 | 12075 | 11442 | 4419 | 3786 | 4397 | 3765 | | | | | | |

| | | S.L.E. | | | | | | | | S.L.freq | | | | | | | | S.L.qp | |
|----|--|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | S.L.car | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | | 96 | 35 | 88 | 26 | 96 | 35 | 88 | 26 | 94 | 32 | 91 | 29 | 93 | 32 | 91 | 29 | 87 | 36 |
| Fy | | 302 | 279 | -270 | -293 | 300 | 278 | -271 | -294 | 111 | 89 | -79 | -102 | 110 | 87 | -81 | -104 | 14 | -5 |
| Fz | | 15297 | 15134 | 15297 | 15134 | 10092 | 9930 | 10092 | 9930 | 15297 | 15134 | 15297 | 15134 | 10092 | 9930 | 10092 | 9930 | 12321 | 12186 |
| Mx | | 8630 | 7641 | 1881 | 892 | -2104 | -3093 | -8854 | -9843 | 6380 | 5391 | 4131 | 3142 | -4354 | -5343 | -6604 | -7593 | 1110 | 286 |
| My | | 1227 | 467 | 1121 | 362 | 1225 | 465 | 1119 | 360 | 1191 | 432 | 1156 | 397 | 1189 | 430 | 1154 | 395 | 1109 | 476 |

PILA P03

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | | SLU | | | | | | | | q3 | | | | | | | |
|----|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | q1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | | 139 | 63 | 116 | 40 | 139 | 63 | 116 | 40 | 349 | 273 | 326 | 250 | 349 | 273 | 326 | 250 |
| Fy | | 455 | 428 | -415 | -442 | 456 | 429 | -414 | -441 | 457 | 430 | -413 | -440 | 458 | 431 | -412 | -439 |
| Fz | | 22746 | 22554 | 22745 | 22554 | 21455 | 21264 | 21455 | 21263 | 21413 | 21221 | 21412 | 21221 | 20445 | 20254 | 20444 | 20253 |
| Mx | | 14836 | 13662 | 2679 | 1505 | 19513 | 18339 | 7356 | 6181 | 13045 | 11870 | 887 | -287 | 16552 | 15378 | 4395 | 3221 |
| My | | 2008 | 887 | 1668 | 548 | 2009 | 888 | 1669 | 549 | 5115 | 3995 | 4776 | 3655 | 5116 | 3995 | 4777 | 3656 |

| | | SLU | | | | | | | | q5 | | | | | | | |
|----|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | q4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | | 139 | 63 | 116 | 40 | 139 | 63 | 116 | 40 | 146 | 70 | 108 | 32 | 146 | 70 | 108 | 32 |
| Fy | | 470 | 443 | -400 | -427 | 471 | 444 | -399 | -426 | 744 | 717 | -706 | -732 | 745 | 718 | -704 | -731 |
| Fz | | 21413 | 21222 | 21412 | 21221 | 20445 | 20254 | 20444 | 20253 | 21413 | 21222 | 21412 | 21221 | 20445 | 20254 | 20444 | 20253 |
| Mx | | 13238 | 12063 | 1080 | -94 | 16745 | 15571 | 4588 | 3414 | 17064 | 15890 | -3198 | -4372 | 20571 | 19397 | 309 | -865 |
| My | | 2014 | 893 | 1674 | 553 | 2014 | 894 | 1675 | 554 | 2120 | 999 | 1554 | 434 | 2121 | 1000 | 1555 | 434 |

| | | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | | | | | |
|----|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|------|--|--|--|
| | | e3 | | | | | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | | |
| Fx | | 164 | 37 | 141 | 14 | 164 | 37 | 141 | 14 | 1165 | 1112 | 418 | 365 | 411 | 358 | | | | | | |
| Fy | | 463 | 418 | -407 | -451 | 464 | 420 | -406 | -450 | 170 | 152 | 519 | 501 | 165 | 147 | | | | | | |
| Fz | | 21476 | 21158 | 21476 | 21157 | 20509 | 20190 | 20508 | 20189 | 12974 | 12841 | 12974 | 12842 | 13136 | 13004 | | | | | | |
| Mx | | 13403 | 11446 | 1246 | -711 | 16910 | 14953 | 4753 | 2796 | 3045 | 2229 | 7365 | 6549 | 2982 | 2166 | | | | | | |
| My | | 2381 | 513 | 2041 | 173 | 2381 | 513 | 2042 | 174 | 14617 | 13838 | 5355 | 4577 | 5279 | 4500 | | | | | | |

| | | S.L.E. | | | | | | | | S.L.freq | | | | | | | | S.L.qp | |
|----|--|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | S.L.car | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | | 101 | 38 | 86 | 22 | 101 | 37 | 85 | 22 | 96 | 33 | 91 | 27 | 96 | 32 | 90 | 27 | 88 | 35 |
| Fy | | 306 | 284 | -274 | -296 | 304 | 281 | -276 | -299 | 113 | 90 | -81 | -103 | 110 | 88 | -83 | -105 | 13 | -5 |
| Fz | | 15879 | 15720 | 15879 | 15719 | 10672 | 10513 | 10672 | 10512 | 15879 | 15720 | 15879 | 15720 | 10672 | 10513 | 10672 | 10513 | 12904 | 12771 |
| Mx | | 9286 | 8308 | 1181 | 203 | -1421 | -2400 | -9526 | -10505 | 6585 | 5606 | 3883 | 2905 | -4123 | -5102 | -6825 | -7803 | 1098 | 282 |
| My | | 1466 | 532 | 1239 | 305 | 1461 | 527 | 1234 | 301 | 1390 | 456 | 1315 | 381 | 1385 | 451 | 1310 | 376 | 1273 | 494 |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 24 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

PILA P04

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | SLU | | | | | | | | SLU | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | q1 | | | | q3 | | | | q3 | | | | q3 | | | |
| Fx | 253 | 24 | 198 | -31 | 253 | 24 | 198 | -31 | 468 | 239 | 413 | 184 | 468 | 240 | 413 | 185 |
| Fy | 387 | 372 | -363 | -378 | 388 | 374 | -361 | -376 | 390 | 375 | -360 | -375 | 391 | 377 | -359 | -373 |
| Fz | 22010 | 20852 | 22010 | 20851 | 20833 | 19674 | 20833 | 19674 | 20762 | 19604 | 20762 | 19603 | 19879 | 18721 | 19879 | 18720 |
| Mx | 12607 | 11753 | 3027 | 2173 | 17007 | 16154 | 7428 | 6574 | 10974 | 10120 | 1395 | 541 | 14275 | 13421 | 4695 | 3841 |
| My | 3393 | 291 | 2647 | -454 | 3394 | 293 | 2648 | -453 | 6314 | 3213 | 5569 | 2467 | 6315 | 3214 | 5570 | 2468 |

| | SLU | | | | | | | | SLU | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | q4 | | | | q5 | | | | q5 | | | | q5 | | | |
| Fx | 254 | 25 | 199 | -30 | 254 | 25 | 199 | -30 | 271 | 42 | 179 | -49 | 271 | 42 | 179 | -49 |
| Fy | 400 | 385 | -350 | -365 | 401 | 386 | -349 | -364 | 636 | 622 | -613 | -628 | 638 | 623 | -612 | -627 |
| Fz | 20762 | 19604 | 20762 | 19603 | 19879 | 18721 | 19879 | 18720 | 20763 | 19604 | 20762 | 19603 | 19880 | 18721 | 19879 | 18720 |
| Mx | 11100 | 10246 | 1521 | 667 | 14401 | 13547 | 4821 | 3967 | 14116 | 13262 | -1850 | -2704 | 17416 | 16562 | 1450 | 596 |
| My | 3405 | 304 | 2659 | -442 | 3406 | 305 | 2660 | -441 | 3639 | 538 | 2396 | -705 | 3640 | 539 | 2397 | -704 |

| | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| | e3 | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | | |
| Fx | 329 | -52 | 274 | -107 | 329 | -52 | 274 | -107 | 1201 | 1042 | 487 | 328 | 473 | 314 | | |
| Fy | 391 | 367 | -359 | -383 | 393 | 368 | -357 | -382 | 153 | 143 | 465 | 455 | 145 | 135 | | |
| Fz | 21149 | 19217 | 21148 | 19217 | 20266 | 18334 | 20265 | 18334 | 12700 | 11895 | 12700 | 11896 | 12853 | 12048 | | |
| Mx | 11207 | 9784 | 1628 | 204 | 14508 | 13084 | 4928 | 3505 | 2500 | 1907 | 6092 | 5499 | 2405 | 1812 | | |
| My | 4424 | -745 | 3679 | -1490 | 4425 | -744 | 3680 | -1489 | 14100 | 11946 | 5877 | 3723 | 5740 | 3586 | | |

| | S.L.E. | | | | | | | | S.L.E. | | | | | | | |
|----|---------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | S.L.car | | | | S.L.freq | | | | S.L.qp | | | | S.L.qp | | | |
| Fx | 194 | 4 | 158 | -33 | 194 | 3 | 157 | -34 | 182 | -8 | 170 | -21 | 181 | -9 | 169 | -21 |
| Fy | 259 | 247 | -241 | -253 | 257 | 244 | -243 | -256 | 93 | 80 | -74 | -86 | 90 | 78 | -77 | -89 |
| Fz | 15488 | 14522 | 15488 | 14522 | 10595 | 9630 | 10595 | 9630 | 15488 | 14522 | 15488 | 14522 | 10595 | 9630 | 10595 | 9630 |
| Mx | 7810 | 7098 | 1424 | 712 | -2120 | -2832 | -8506 | -9218 | 5681 | 4970 | 3553 | 2841 | -4249 | -4960 | -6378 | -7089 |
| My | 2613 | 29 | 2116 | -468 | 2602 | 18 | 2105 | -479 | 2448 | -137 | 2282 | -303 | 2437 | -148 | 2271 | -314 |

3.3.2 Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino

In queste tabelle si riportano le sollecitazioni relative alle diverse combinazioni di carico con riferimento alla sezione di testa del pulvino.

PILA P01

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | SLU | | | | | | | | SLU | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | q1 | | | | q3 | | | | q3 | | | | q3 | | | |
| Fx | 127 | 8 | 106 | -14 | 127 | 8 | 106 | -14 | 242 | 123 | 221 | 102 | 243 | 123 | 221 | 102 |
| Fy | 172 | 165 | -162 | -169 | 173 | 166 | -161 | -168 | 173 | 165 | -161 | -168 | 173 | 166 | -161 | -168 |
| Fz | 8716 | 9112 | 8716 | 9112 | 5074 | 5470 | 5074 | 5470 | 7738 | 8133 | 7738 | 8134 | 5006 | 5402 | 5006 | 5402 |
| V | 214 | 165 | 193 | 169 | 214 | 166 | 193 | 169 | 298 | 206 | 274 | 197 | 298 | 207 | 274 | 196 |

| | SLU | | | | | | | | SLU | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | q4 | | | | q5 | | | | q5 | | | | q5 | | | |
| Fx | 127 | 8 | 106 | -13 | 127 | 8 | 106 | -13 | 134 | 15 | 99 | -21 | 134 | 15 | 99 | -21 |
| Fy | 179 | 172 | -155 | -162 | 179 | 172 | -155 | -162 | 283 | 276 | -273 | -280 | 284 | 277 | -273 | -280 |
| Fz | 7738 | 8133 | 7738 | 8134 | 5006 | 5402 | 5006 | 5402 | 7738 | 8133 | 7738 | 8134 | 5006 | 5402 | 5006 | 5402 |
| V | 219 | 172 | 188 | 163 | 220 | 172 | 188 | 163 | 313 | 277 | 290 | 281 | 314 | 277 | 290 | 281 |

| | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|--|--|
| | e3 | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | | |
| Fx | 167 | -32 | 145 | -54 | 167 | -32 | 146 | -53 | 408 | 325 | 181 | 98 | 180 | 97 | | |
| Fy | 174 | 163 | -159 | -171 | 175 | 163 | -159 | -171 | 43 | 38 | 131 | 126 | 42 | 37 | | |
| Fz | 7606 | 8265 | 7606 | 8266 | 4874 | 5534 | 4874 | 5534 | 3516 | 3791 | 3501 | 3776 | 3448 | 3723 | | |
| V | 241 | 166 | 216 | 179 | 242 | 166 | 216 | 179 | 410 | 327 | 223 | 160 | 185 | 104 | | |

| | SLU | | | | | | | | SLU | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | q1 | | | | q3 | | | | q3 | | | | q3 | | | |
| Fx | 126 | 7 | 104 | -15 | 127 | 8 | 104 | -15 | 241 | 122 | 219 | 100 | 241 | 122 | 219 | 100 |
| Fy | 172 | 165 | -162 | -169 | 173 | 166 | -161 | -168 | 173 | 165 | -161 | -168 | 173 | 166 | -161 | -168 |
| Fz | 7609 | 8369 | 7609 | 8369 | 5511 | 6270 | 5511 | 6270 | 6783 | 7543 | 6783 | 7543 | 5209 | 5969 | 5209 | 5969 |
| V | 214 | 165 | 192 | 169 | 214 | 166 | 192 | 169 | 296 | 206 | 272 | 196 | 297 | 206 | 272 | 196 |

| | SLU | | | | | | | | SLU | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | q4 | | | | q5 | | | | q5 | | | | q5 | | | |
| Fx | 127 | 8 | 104 | -15 | 127 | 8 | 104 | -14 | 134 | 15 | 96 | -23 | 134 | 15 | 96 | -22 |
| Fy | 179 | 172 | -155 | -162 | 179 | 172 | -155 | -162 | 283 | 276 | -273 | -280 | 284 | 277 | -273 | -280 |
| Fz | 6783 | 7543 | 6783 | 7543 | 5209 | 5969 | 5209 | 5969 | 6783 | 7543 | 6783 | 7543 | 5209 | 5969 | 5209 | 5969 |
| V | 219 | 172 | 187 | 163 | 219 | 172 | 187 | 163 | 313 | 277 | 289 | 281 | 314 | 277 | 289 | 281 |

| Link_SX_01 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|
| | e3 | | | | | | | | q6.x | | q6.y | | q6.z | |
| Fx | 166 | -32 | 143 | -55 | 166 | -32 | 144 | -55 | 405 | 323 | 180 | 97 | 179 | 96 |
| Fy | 174 | 163 | -159 | -171 | 175 | 163 | -159 | -171 | 43 | 38 | 131 | 126 | 42 | 37 |
| Fz | 6530 | 7796 | 6530 | 7796 | 4956 | 6222 | 4956 | 6222 | 3139 | 3667 | 3126 | 3653 | 3071 | 3599 |
| V | 241 | 166 | 214 | 180 | 241 | 166 | 214 | 179 | 407 | 325 | 222 | 159 | 184 | 103 |

PILA P02

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| Link_DX_02 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | | | | |
|------------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | q1 | | | | q3 | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | |
| Fx | 72 | 35 | 54 | 18 | 72 | 36 | 55 | 18 | 182 | 146 | 165 | 128 | 183 | 146 | 165 | 128 | | | |
| Fy | 206 | 192 | -185 | -200 | 207 | 192 | -185 | -199 | 210 | 196 | -181 | -196 | 211 | 196 | -181 | -195 | | | |
| Fz | 9888 | 10176 | 9887 | 10176 | 5818 | 6106 | 5817 | 6106 | 8843 | 9131 | 8842 | 9131 | 5790 | 6078 | 5790 | 6078 | | | |
| V | 219 | 195 | 193 | 201 | 219 | 196 | 192 | 200 | 278 | 244 | 245 | 234 | 279 | 245 | 245 | 234 | | | |

| Link_DX_02 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | q4 | | | | q5 | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | |
| Fx | 72 | 36 | 55 | 18 | 72 | 36 | 55 | 18 | 78 | 41 | 48 | 12 | 78 | 41 | 49 | 12 | | | |
| Fy | 214 | 199 | -178 | -192 | 214 | 200 | -177 | -192 | 337 | 322 | -316 | -331 | 337 | 323 | -315 | -330 | | | |
| Fz | 8843 | 9131 | 8842 | 9131 | 5790 | 6078 | 5790 | 6078 | 8843 | 9131 | 8842 | 9130 | 5790 | 6078 | 5790 | 6078 | | | |
| V | 226 | 202 | 186 | 193 | 226 | 203 | 185 | 193 | 346 | 325 | 319 | 331 | 346 | 325 | 319 | 330 | | | |

| Link_DX_02 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|
| | e3 | | | | | | | | q6.x | | q6.y | | q6.z | |
| Fx | 84 | 23 | 66 | 5 | 84 | 23 | 67 | 6 | 355 | 330 | 138 | 112 | 137 | 112 |
| Fy | 211 | 187 | -180 | -205 | 212 | 187 | -180 | -204 | 43 | 32 | 123 | 113 | 42 | 32 |
| Fz | 8747 | 9227 | 8746 | 9227 | 5694 | 6174 | 5694 | 6174 | 4214 | 4414 | 4183 | 4383 | 4150 | 4350 |
| V | 227 | 188 | 192 | 205 | 228 | 189 | 192 | 205 | 358 | 331 | 185 | 160 | 143 | 116 |

| Link_SX_02 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | q1 | | | | q3 | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | |
| Fx | 71 | 35 | 53 | 16 | 72 | 35 | 53 | 17 | 181 | 145 | 163 | 126 | 182 | 145 | 163 | 127 | | | |
| Fy | 207 | 192 | -185 | -200 | 207 | 192 | -185 | -199 | 210 | 196 | -181 | -196 | 211 | 196 | -181 | -195 | | | |
| Fz | 9023 | 9117 | 9024 | 9117 | 6808 | 6901 | 6808 | 6902 | 8137 | 8230 | 8137 | 8230 | 6475 | 6569 | 6475 | 6569 | | | |
| V | 219 | 195 | 192 | 200 | 219 | 196 | 192 | 200 | 278 | 244 | 243 | 233 | 278 | 244 | 243 | 233 | | | |

| Link_SX_02 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | q4 | | | | q5 | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | |
| Fx | 72 | 35 | 53 | 17 | 72 | 36 | 53 | 17 | 78 | 41 | 46 | 10 | 78 | 41 | 47 | 10 | | | |
| Fy | 214 | 199 | -178 | -192 | 214 | 200 | -177 | -192 | 337 | 322 | -316 | -330 | 337 | 323 | -315 | -330 | | | |
| Fz | 8137 | 8230 | 8137 | 8230 | 6475 | 6569 | 6475 | 6569 | 8137 | 8230 | 8137 | 8231 | 6475 | 6569 | 6476 | 6569 | | | |
| V | 226 | 202 | 185 | 193 | 226 | 203 | 185 | 193 | 346 | 325 | 319 | 331 | 346 | 325 | 319 | 330 | | | |

| Link_SX_02 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|
| | e3 | | | | | | | | q6.x | | q6.y | | q6.z | |
| Fx | 83 | 23 | 65 | 4 | 84 | 23 | 65 | 4 | 352 | 327 | 136 | 111 | 136 | 110 |
| Fy | 211 | 187 | -180 | -205 | 212 | 187 | -180 | -204 | 43 | 32 | 123 | 113 | 42 | 32 |
| Fz | 8106 | 8261 | 8106 | 8262 | 6444 | 6600 | 6444 | 6600 | 4020 | 4085 | 3983 | 4048 | 3957 | 4021 |
| V | 227 | 188 | 192 | 205 | 228 | 189 | 191 | 205 | 355 | 329 | 184 | 159 | 142 | 115 |

PILA P03

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| Link_DX_03 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | | | | |
|------------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | q1 | | | | q3 | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | |
| Fx | 73 | 34 | 57 | 18 | 73 | 34 | 57 | 18 | 178 | 139 | 162 | 123 | 178 | 139 | 162 | 123 | | | |
| Fy | 204 | 193 | -187 | -198 | 204 | 194 | -186 | -197 | 210 | 199 | -181 | -192 | 210 | 199 | -180 | -191 | | | |
| Fz | 9878 | 10160 | 9877 | 10159 | 5751 | 6033 | 5750 | 6032 | 8834 | 9116 | 8833 | 9115 | 5739 | 6020 | 5738 | 6019 | | | |
| V | 216 | 196 | 195 | 199 | 217 | 196 | 195 | 198 | 275 | 243 | 243 | 228 | 275 | 243 | 243 | 227 | | | |

| Link_DX_03 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | q4 | | | | q5 | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | |
| Fx | 73 | 34 | 57 | 18 | 73 | 34 | 57 | 18 | 78 | 39 | 51 | 12 | 78 | 39 | 51 | 12 | | | |
| Fy | 211 | 200 | -180 | -190 | 211 | 201 | -179 | -190 | 334 | 323 | -318 | -328 | 334 | 323 | -317 | -328 | | | |
| Fz | 8834 | 9116 | 8833 | 9115 | 5739 | 6020 | 5738 | 6019 | 8834 | 9116 | 8833 | 9114 | 5739 | 6021 | 5737 | 6019 | | | |
| V | 223 | 203 | 188 | 191 | 224 | 204 | 188 | 191 | 343 | 325 | 322 | 328 | 343 | 326 | 321 | 328 | | | |

| Link_DX_03 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|
| | e3 | | | | | | | | q6.x | | q6.y | | q6.z | |
| Fx | 86 | 21 | 70 | 5 | 86 | 21 | 70 | 5 | 342 | 315 | 135 | 107 | 134 | 107 |
| Fy | 207 | 189 | -184 | -202 | 207 | 190 | -183 | -201 | 50 | 42 | 121 | 114 | 41 | 34 |
| Fz | 8740 | 9210 | 8739 | 9208 | 5645 | 6114 | 5644 | 6113 | 4205 | 4401 | 4162 | 4358 | 4142 | 4337 |
| V | 224 | 190 | 197 | 202 | 224 | 191 | 196 | 201 | 345 | 318 | 181 | 157 | 140 | 112 |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 26 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Link_SX_03 | SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| | q1 | | | | | | | | q3 | | | | | | | |
| Fx | 72 | 33 | 55 | 17 | 72 | 33 | 55 | 17 | 177 | 138 | 160 | 121 | 177 | 138 | 160 | 121 |
| Fy | 204 | 193 | -187 | -198 | 204 | 193 | -186 | -197 | 210 | 199 | -181 | -192 | 210 | 199 | -180 | -191 |
| Fz | 9007 | 9098 | 9009 | 9099 | 6808 | 6899 | 6810 | 6901 | 8122 | 8212 | 8124 | 8214 | 6473 | 6563 | 6475 | 6565 |
| V | 216 | 196 | 195 | 198 | 216 | 196 | 194 | 198 | 274 | 242 | 242 | 227 | 275 | 243 | 241 | 226 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Link_SX_03 | SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| | q4 | | | | | | | | q5 | | | | | | | |
| Fx | 72 | 34 | 56 | 17 | 72 | 34 | 56 | 17 | 77 | 39 | 50 | 11 | 77 | 39 | 50 | 11 |
| Fy | 211 | 200 | -180 | -190 | 211 | 201 | -179 | -190 | 334 | 323 | -317 | -328 | 334 | 323 | -317 | -328 |
| Fz | 8122 | 8212 | 8124 | 8214 | 6473 | 6563 | 6475 | 6565 | 8121 | 8212 | 8124 | 8215 | 6472 | 6563 | 6475 | 6566 |
| V | 223 | 203 | 188 | 191 | 223 | 204 | 188 | 191 | 342 | 325 | 321 | 328 | 343 | 326 | 321 | 328 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|--|--|
| Link_SX_03 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | |
| | e3 | | | | | | | | q6.x | | q6.y | | q6.z | | | |
| Fx | 85 | 20 | 68 | 4 | 85 | 20 | 68 | 4 | 339 | 312 | 133 | 106 | 132 | 106 | | |
| Fy | 207 | 189 | -184 | -201 | 207 | 190 | -183 | -201 | 50 | 42 | 121 | 114 | 41 | 34 | | |
| Fz | 8092 | 8243 | 8094 | 8244 | 6443 | 6593 | 6445 | 6595 | 4010 | 4073 | 3966 | 4029 | 3947 | 4010 | | |
| V | 224 | 190 | 196 | 202 | 224 | 191 | 195 | 201 | 342 | 315 | 180 | 156 | 139 | 111 | | |

PILA P04

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Link_DX_04 | SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| | q1 | | | | | | | | q3 | | | | | | | |
| Fx | 118 | 3 | 109 | -6 | 117 | 3 | 109 | -6 | 225 | 110 | 217 | 102 | 225 | 110 | 216 | 102 |
| Fy | 172 | 167 | -163 | -168 | 173 | 168 | -163 | -168 | 182 | 177 | -154 | -159 | 182 | 177 | -153 | -158 |
| Fz | 8661 | 9101 | 8658 | 9098 | 4804 | 5244 | 4801 | 5241 | 7683 | 8123 | 7680 | 8120 | 4790 | 5230 | 4787 | 5227 |
| V | 209 | 167 | 196 | 168 | 209 | 168 | 196 | 168 | 289 | 208 | 266 | 189 | 289 | 209 | 265 | 188 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Link_DX_04 | SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| | q4 | | | | | | | | q5 | | | | | | | |
| Fx | 118 | 3 | 109 | -6 | 117 | 3 | 109 | -6 | 120 | 6 | 106 | -9 | 120 | 5 | 106 | -9 |
| Fy | 179 | 174 | -157 | -162 | 179 | 174 | -157 | -162 | 284 | 279 | -275 | -280 | 284 | 279 | -275 | -280 |
| Fz | 7683 | 8123 | 7680 | 8120 | 4790 | 5230 | 4787 | 5227 | 7684 | 8124 | 7679 | 8119 | 4791 | 5231 | 4786 | 5226 |
| V | 214 | 174 | 191 | 162 | 214 | 174 | 191 | 162 | 308 | 279 | 295 | 280 | 309 | 279 | 295 | 280 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|--|--|
| Link_DX_04 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | |
| | e3 | | | | | | | | q6.x | | q6.y | | q6.z | | | |
| Fx | 156 | -36 | 147 | -44 | 156 | -36 | 147 | -44 | 384 | 304 | 172 | 92 | 171 | 92 | | |
| Fy | 174 | 165 | -162 | -170 | 174 | 166 | -161 | -170 | 52 | 48 | 128 | 125 | 41 | 38 | | |
| Fz | 7537 | 8270 | 7533 | 8267 | 4643 | 5377 | 4640 | 5374 | 3469 | 3775 | 3437 | 3743 | 3401 | 3707 | | |
| V | 233 | 169 | 219 | 176 | 233 | 170 | 218 | 175 | 387 | 308 | 215 | 155 | 176 | 99 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Link_SX_04 | SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| | q1 | | | | | | | | q3 | | | | | | | |
| Fx | 117 | 2 | 108 | -6 | 117 | 2 | 108 | -7 | 224 | 110 | 215 | 101 | 224 | 109 | 215 | 100 |
| Fy | 172 | 167 | -163 | -168 | 173 | 168 | -163 | -168 | 182 | 177 | -154 | -159 | 182 | 177 | -153 | -158 |
| Fz | 7673 | 8391 | 7676 | 8395 | 7062 | 7780 | 7065 | 7784 | 6846 | 7565 | 6850 | 7568 | 6388 | 7107 | 6391 | 7110 |
| V | 208 | 167 | 196 | 168 | 208 | 168 | 195 | 168 | 288 | 208 | 264 | 188 | 288 | 208 | 264 | 188 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Link_SX_04 | SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| | q4 | | | | | | | | q5 | | | | | | | |
| Fx | 117 | 3 | 108 | -6 | 117 | 2 | 108 | -7 | 120 | 5 | 105 | -10 | 119 | 5 | 105 | -10 |
| Fy | 179 | 174 | -157 | -162 | 179 | 174 | -157 | -161 | 284 | 279 | -275 | -280 | 284 | 279 | -275 | -280 |
| Fz | 6846 | 7564 | 6849 | 7568 | 6388 | 7106 | 6391 | 7110 | 6845 | 7563 | 6851 | 7569 | 6387 | 7105 | 6393 | 7111 |
| V | 213 | 174 | 190 | 162 | 214 | 174 | 190 | 162 | 308 | 279 | 295 | 280 | 308 | 279 | 294 | 280 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|--|--|
| Link_SX_04 | SLU | | | | | | | | S.L.V. | | | | | | | |
| | e3 | | | | | | | | q6.x | | q6.y | | q6.z | | | |
| Fx | 155 | -36 | 146 | -45 | 155 | -36 | 146 | -45 | 381 | 302 | 171 | 91 | 170 | 91 | | |
| Fy | 174 | 165 | -162 | -170 | 174 | 166 | -161 | -170 | 51 | 48 | 128 | 125 | 41 | 38 | | |
| Fz | 6606 | 7804 | 6610 | 7808 | 6148 | 7346 | 6152 | 7350 | 3182 | 3681 | 3150 | 3649 | 3114 | 3613 | | |
| V | 233 | 169 | 218 | 176 | 233 | 170 | 217 | 175 | 384 | 305 | 213 | 155 | 175 | 98 | | |

3.3.3 Sollecitazioni sulla palificata

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni sulla palificata, riferite al baricentro della stessa, nelle combinazioni di carico analizzate.

| PILA 01 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
| SLU1 | 257 | 371 | 30142 | 12172 | 1576 |
| SLU2 | 19 | 354 | 28987 | 11044 | 86 |
| SLU3 | 206 | -347 | 30142 | 4319 | 1253 |
| SLU4 | -32 | -364 | 28987 | 3191 | -238 |
| SLU5 | 257 | 372 | 28965 | 16615 | 1576 |
| SLU6 | 19 | 355 | 27809 | 15487 | 85 |
| SLU7 | 206 | -346 | 28965 | 8763 | 1252 |
| SLU8 | -33 | -363 | 27809 | 7634 | -238 |
| SLU9 | 487 | 375 | 28898 | 10513 | 3017 |
| SLU10 | 249 | 358 | 27742 | 9385 | 1526 |
| SLU11 | 436 | -344 | 28898 | 2661 | 2693 |
| SLU12 | 198 | -361 | 27742 | 1533 | 1203 |
| SLU13 | 487 | 375 | 28015 | 13846 | 3017 |
| SLU14 | 249 | 358 | 26859 | 12717 | 1526 |
| SLU15 | 436 | -343 | 28015 | 5993 | 2693 |
| SLU16 | 198 | -360 | 26859 | 4865 | 1203 |
| SLU17 | 258 | 384 | 28898 | 10588 | 1584 |
| SLU18 | 20 | 367 | 27742 | 9460 | 94 |
| SLU19 | 206 | -334 | 28898 | 2735 | 1261 |
| SLU20 | -32 | -351 | 27742 | 1607 | -230 |
| SLU21 | 258 | 385 | 28015 | 13920 | 1584 |
| SLU22 | 20 | 368 | 26859 | 12792 | 93 |
| SLU23 | 206 | -334 | 28015 | 6068 | 1261 |
| SLU24 | -32 | -351 | 26859 | 4940 | -230 |
| SLU25 | 274 | 611 | 28898 | 13091 | 1683 |
| SLU26 | 36 | 594 | 27742 | 11962 | 193 |
| SLU27 | 188 | -587 | 28898 | 3 | 1144 |
| SLU28 | -50 | -604 | 27742 | -1125 | -346 |
| SLU29 | 274 | 611 | 28015 | 16423 | 1683 |
| SLU30 | 36 | 594 | 26859 | 15295 | 192 |
| SLU31 | 188 | -586 | 28015 | 3336 | 1144 |
| SLU32 | -50 | -603 | 26859 | 2208 | -346 |
| SLU33 | 336 | 377 | 29283 | 10849 | 2072 |
| SLU34 | -60 | 349 | 27357 | 8969 | -412 |
| SLU35 | 285 | -342 | 29283 | 2997 | 1749 |
| SLU36 | -112 | -370 | 27357 | 1117 | -735 |
| SLU37 | 336 | 377 | 28400 | 14182 | 2072 |
| SLU38 | -60 | 349 | 26474 | 12301 | -412 |
| SLU39 | 285 | -341 | 28400 | 6329 | 1748 |
| SLU40 | -112 | -369 | 26474 | 4449 | -735 |
| SLV1 | 990 | 106 | 18729 | 2129 | 5531 |

PILA 01 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA

| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SLV2 | 824 | 94 | 17927 | 1346 | 4496 |
| SLV3 | 413 | 331 | 18730 | 3858 | 2993 |
| SLV4 | 248 | 320 | 17927 | 3074 | 1959 |
| SLV5 | 412 | 105 | 18870 | 2121 | 2363 |
| SLV6 | 247 | 94 | 18068 | 1338 | 1328 |
| SLc1 | 198 | 249 | 21514 | 7567 | 1220 |
| SLc2 | 0 | 235 | 20551 | 6627 | -22 |
| SLc3 | 164 | -230 | 21514 | 2332 | 1004 |
| SLc4 | -34 | -244 | 20551 | 1392 | -238 |
| SLc5 | 198 | 248 | 16638 | -2451 | 1216 |
| SLc6 | 0 | 234 | 15675 | -3391 | -26 |
| SLc7 | 163 | -230 | 16638 | -7686 | 1000 |
| SLc8 | -35 | -245 | 15675 | -8626 | -241 |
| SLf1 | 187 | 90 | 21514 | 5822 | 1148 |
| SLf2 | -11 | 76 | 20551 | 4882 | -94 |
| SLf3 | 176 | -70 | 21514 | 4077 | 1076 |
| SLf4 | -23 | -84 | 20551 | 3137 | -166 |
| SLf5 | 186 | 89 | 16638 | -4196 | 1144 |
| SLf6 | -12 | 75 | 15675 | -5136 | -98 |
| SLf7 | 175 | -71 | 16638 | -5941 | 1072 |
| SLf8 | -23 | -85 | 15675 | -6881 | -170 |
| SLqp1 | 164 | 8 | 18669 | 1097 | 1006 |
| SLqp2 | -1 | -3 | 17866 | 313 | -28 |

PILA 02 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA

| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SLU1 | 132 | 448 | 31740 | 14969 | 1265 |
| SLU2 | 58 | 421 | 31545 | 13714 | 538 |
| SLU3 | 119 | -409 | 31740 | 2701 | 1138 |
| SLU4 | 46 | -436 | 31545 | 1446 | 411 |
| SLU5 | 132 | 449 | 30443 | 19667 | 1264 |
| SLU6 | 58 | 422 | 30249 | 18412 | 537 |
| SLU7 | 119 | -408 | 30443 | 7400 | 1137 |
| SLU8 | 45 | -435 | 30249 | 6145 | 411 |
| SLU9 | 353 | 449 | 30407 | 13163 | 3439 |
| SLU10 | 279 | 422 | 30212 | 11908 | 2712 |
| SLU11 | 340 | -408 | 30407 | 895 | 3313 |
| SLU12 | 266 | -435 | 30212 | -360 | 2586 |
| SLU13 | 353 | 450 | 29434 | 16687 | 3439 |
| SLU14 | 279 | 423 | 29240 | 15432 | 2712 |
| SLU15 | 340 | -407 | 29434 | 4419 | 3312 |
| SLU16 | 266 | -434 | 29240 | 3164 | 2585 |
| SLU17 | 132 | 463 | 30407 | 13330 | 1267 |
| SLU18 | 59 | 436 | 30212 | 12075 | 540 |
| SLU19 | 119 | -394 | 30407 | 1062 | 1141 |
| SLU20 | 46 | -421 | 30212 | -192 | 414 |

PILA 02 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA

| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SLU21 | 132 | 464 | 29434 | 16854 | 1267 |
| SLU22 | 58 | 437 | 29240 | 15599 | 540 |
| SLU23 | 119 | -393 | 29434 | 4586 | 1140 |
| SLU24 | 46 | -421 | 29240 | 3332 | 413 |
| SLU25 | 136 | 734 | 30407 | 17229 | 1306 |
| SLU26 | 63 | 707 | 30212 | 15974 | 579 |
| SLU27 | 115 | -695 | 30407 | -3217 | 1096 |
| SLU28 | 41 | -722 | 30212 | -4472 | 369 |
| SLU29 | 136 | 734 | 29434 | 20753 | 1306 |
| SLU30 | 63 | 707 | 29240 | 19498 | 579 |
| SLU31 | 115 | -695 | 29434 | 307 | 1095 |
| SLU32 | 41 | -722 | 29240 | -948 | 368 |
| SLU33 | 157 | 457 | 30472 | 13558 | 1506 |
| SLU34 | 34 | 412 | 30147 | 11467 | 295 |
| SLU35 | 144 | -400 | 30472 | 1291 | 1380 |
| SLU36 | 21 | -446 | 30147 | -801 | 169 |
| SLU37 | 157 | 458 | 29499 | 17082 | 1506 |
| SLU38 | 34 | 412 | 29175 | 14991 | 294 |
| SLU39 | 144 | -400 | 29499 | 4815 | 1379 |
| SLU40 | 21 | -445 | 29175 | 2723 | 168 |
| SLV1 | 1134 | 141 | 19629 | 2830 | 9179 |
| SLV2 | 1083 | 122 | 19494 | 1958 | 8674 |
| SLV3 | 403 | 426 | 19630 | 5703 | 4141 |
| SLV4 | 352 | 407 | 19495 | 4832 | 3637 |
| SLV5 | 401 | 137 | 19777 | 2776 | 3335 |
| SLV6 | 350 | 119 | 19641 | 1905 | 2830 |
| SLc1 | 96 | 302 | 22542 | 9384 | 925 |
| SLc2 | 35 | 279 | 22379 | 8339 | 320 |
| SLc3 | 88 | -270 | 22542 | 1206 | 841 |
| SLc4 | 26 | -293 | 22379 | 160 | 236 |
| SLc5 | 96 | 300 | 17337 | -1354 | 924 |
| SLc6 | 35 | 278 | 17175 | -2400 | 318 |
| SLc7 | 88 | -271 | 17337 | -9532 | 840 |
| SLc8 | 26 | -294 | 17175 | -10578 | 234 |
| SLf1 | 94 | 111 | 22542 | 6658 | 897 |
| SLf2 | 32 | 89 | 22379 | 5613 | 292 |
| SLf3 | 91 | -79 | 22542 | 3932 | 869 |
| SLf4 | 29 | -102 | 22379 | 2887 | 264 |
| SLf5 | 93 | 110 | 17337 | -4080 | 896 |
| SLf6 | 32 | 87 | 17175 | -5126 | 290 |
| SLf7 | 91 | -81 | 17337 | -6806 | 868 |
| SLf8 | 29 | -104 | 17175 | -7852 | 262 |
| SLqp1 | 87 | 14 | 19566 | 1144 | 832 |
| SLqp2 | 36 | -5 | 19431 | 273 | 327 |

| PILA 03 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
| SLU1 | 139 | 455 | 32526 | 15973 | 1661 |
| SLU2 | 63 | 428 | 32335 | 14731 | 731 |
| SLU3 | 116 | -415 | 32526 | 1641 | 1379 |
| SLU4 | 40 | -442 | 32335 | 400 | 449 |
| SLU5 | 139 | 456 | 31236 | 20653 | 1662 |
| SLU6 | 63 | 429 | 31045 | 19411 | 731 |
| SLU7 | 116 | -414 | 31235 | 6321 | 1380 |
| SLU8 | 40 | -441 | 31044 | 5080 | 449 |
| SLU9 | 349 | 457 | 31193 | 14186 | 4243 |
| SLU10 | 273 | 430 | 31002 | 12945 | 3312 |
| SLU11 | 326 | -413 | 31193 | -146 | 3961 |
| SLU12 | 250 | -440 | 31002 | -1387 | 3030 |
| SLU13 | 349 | 458 | 30226 | 17696 | 4243 |
| SLU14 | 273 | 431 | 30034 | 16455 | 3312 |
| SLU15 | 326 | -412 | 30225 | 3364 | 3961 |
| SLU16 | 250 | -439 | 30034 | 2123 | 3030 |
| SLU17 | 139 | 470 | 31193 | 14373 | 1667 |
| SLU18 | 63 | 443 | 31002 | 13132 | 736 |
| SLU19 | 116 | -400 | 31193 | 41 | 1385 |
| SLU20 | 40 | -427 | 31002 | -1200 | 454 |
| SLU21 | 139 | 471 | 30226 | 17883 | 1668 |
| SLU22 | 63 | 444 | 30034 | 16642 | 737 |
| SLU23 | 116 | -399 | 30225 | 3551 | 1386 |
| SLU24 | 40 | -426 | 30034 | 2310 | 455 |
| SLU25 | 146 | 744 | 31194 | 18925 | 1755 |
| SLU26 | 70 | 717 | 31002 | 17683 | 824 |
| SLU27 | 108 | -706 | 31193 | -4962 | 1285 |
| SLU28 | 32 | -732 | 31001 | -6203 | 354 |
| SLU29 | 146 | 745 | 30226 | 22435 | 1755 |
| SLU30 | 70 | 718 | 30035 | 21193 | 824 |
| SLU31 | 108 | -704 | 30225 | -1452 | 1285 |
| SLU32 | 32 | -731 | 30034 | -2693 | 354 |
| SLU33 | 164 | 463 | 31257 | 14561 | 1971 |
| SLU34 | 37 | 418 | 30939 | 12492 | 419 |
| SLU35 | 141 | -407 | 31257 | 229 | 1689 |
| SLU36 | 14 | -451 | 30938 | -1840 | 137 |
| SLU37 | 164 | 464 | 30289 | 18071 | 1972 |
| SLU38 | 37 | 420 | 29971 | 16002 | 420 |
| SLU39 | 141 | -406 | 30289 | 3739 | 1690 |
| SLU40 | 14 | -450 | 29970 | 1670 | 138 |
| SLV1 | 1165 | 170 | 20219 | 3470 | 11705 |
| SLV2 | 1112 | 152 | 20086 | 2608 | 11059 |
| SLV3 | 418 | 519 | 20219 | 7575 | 5136 |
| SLV4 | 365 | 501 | 20087 | 6713 | 4489 |
| SLV5 | 411 | 165 | 20381 | 3396 | 4251 |
| SLV6 | 358 | 147 | 20249 | 2534 | 3604 |
| SLc1 | 101 | 306 | 23124 | 10051 | 1213 |

| PILA 03 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
| SLc2 | 38 | 284 | 22965 | 9017 | 437 |
| SLc3 | 86 | -274 | 23124 | 497 | 1025 |
| SLc4 | 22 | -296 | 22964 | -538 | 249 |
| SLc5 | 101 | 304 | 17917 | -662 | 1209 |
| SLc6 | 37 | 281 | 17758 | -1697 | 433 |
| SLc7 | 85 | -276 | 17917 | -10217 | 1021 |
| SLc8 | 22 | -299 | 17757 | -11251 | 245 |
| SLf1 | 96 | 113 | 23124 | 6866 | 1150 |
| SLf2 | 33 | 90 | 22965 | 5832 | 375 |
| SLf3 | 91 | -81 | 23124 | 3682 | 1088 |
| SLf4 | 27 | -103 | 22965 | 2647 | 312 |
| SLf5 | 96 | 110 | 17917 | -3847 | 1147 |
| SLf6 | 32 | 88 | 17758 | -4881 | 371 |
| SLf7 | 90 | -83 | 17917 | -7032 | 1084 |
| SLf8 | 27 | -105 | 17758 | -8066 | 308 |
| SLqp1 | 88 | 13 | 20149 | 1131 | 1053 |
| SLqp2 | 35 | -5 | 20016 | 269 | 406 |

| PILA 04 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
| SLU1 | 253 | 387 | 31791 | 13574 | 2761 |
| SLU2 | 24 | 372 | 30632 | 12683 | 231 |
| SLU3 | 198 | -363 | 31791 | 2120 | 2153 |
| SLU4 | -31 | -378 | 30632 | 1229 | -377 |
| SLU5 | 253 | 388 | 30614 | 17978 | 2762 |
| SLU6 | 24 | 374 | 29455 | 17087 | 233 |
| SLU7 | 198 | -361 | 30613 | 6524 | 2154 |
| SLU8 | -31 | -376 | 29455 | 5633 | -376 |
| SLU9 | 468 | 390 | 30543 | 11950 | 5144 |
| SLU10 | 239 | 375 | 29384 | 11059 | 2614 |
| SLU11 | 413 | -360 | 30543 | 495 | 4536 |
| SLU12 | 184 | -375 | 29384 | -396 | 2006 |
| SLU13 | 468 | 391 | 29660 | 15253 | 5145 |
| SLU14 | 240 | 377 | 28501 | 14362 | 2615 |
| SLU15 | 413 | -359 | 29660 | 3799 | 4536 |
| SLU16 | 185 | -373 | 28501 | 2908 | 2007 |
| SLU17 | 254 | 400 | 30543 | 12066 | 2774 |
| SLU18 | 25 | 385 | 29384 | 11175 | 244 |
| SLU19 | 199 | -350 | 30543 | 612 | 2165 |
| SLU20 | -30 | -365 | 29384 | -279 | -364 |
| SLU21 | 254 | 401 | 29660 | 15370 | 2775 |
| SLU22 | 25 | 386 | 28501 | 14478 | 245 |
| SLU23 | 199 | -349 | 29660 | 3915 | 2166 |
| SLU24 | -30 | -364 | 28501 | 3024 | -363 |
| SLU25 | 271 | 636 | 30543 | 15707 | 2962 |

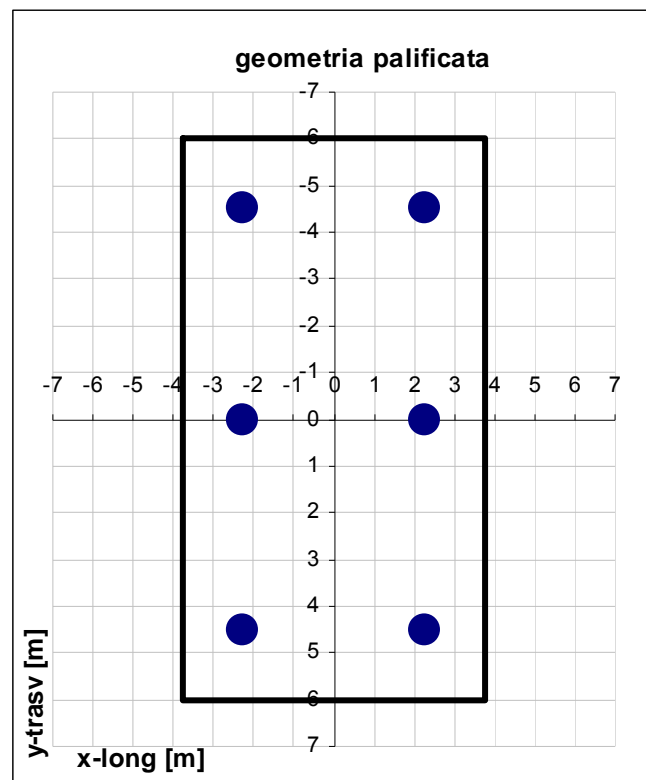
PILA 04 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA

| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SLU26 | 42 | 622 | 29385 | 14816 | 432 |
| SLU27 | 179 | -613 | 30542 | -3384 | 1948 |
| SLU28 | -49 | -628 | 29384 | -4275 | -581 |
| SLU29 | 271 | 638 | 29660 | 19010 | 2963 |
| SLU30 | 42 | 623 | 28502 | 18119 | 433 |
| SLU31 | 179 | -612 | 29659 | -80 | 1949 |
| SLU32 | -49 | -627 | 28501 | -971 | -581 |
| SLU33 | 329 | 391 | 30929 | 12186 | 3602 |
| SLU34 | -52 | 367 | 28998 | 10701 | -614 |
| SLU35 | 274 | -359 | 30929 | 731 | 2994 |
| SLU36 | -107 | -383 | 28998 | -754 | -1222 |
| SLU37 | 329 | 393 | 30046 | 15489 | 3603 |
| SLU38 | -52 | 368 | 28115 | 14004 | -613 |
| SLU39 | 274 | -357 | 30046 | 4035 | 2995 |
| SLU40 | -107 | -382 | 28115 | 2550 | -1221 |
| SLV1 | 1201 | 153 | 19945 | 2884 | 11097 |
| SLV2 | 1042 | 143 | 19140 | 2265 | 9341 |
| SLV3 | 487 | 465 | 19945 | 6276 | 5477 |
| SLV4 | 328 | 455 | 19141 | 5657 | 3720 |
| SLV5 | 473 | 145 | 20098 | 2769 | 4557 |
| SLV6 | 314 | 135 | 19293 | 2150 | 2800 |
| SLc1 | 194 | 259 | 22733 | 8459 | 2127 |
| SLc2 | 4 | 247 | 21767 | 7716 | 19 |
| SLc3 | 158 | -241 | 22733 | 822 | 1722 |
| SLc4 | -33 | -253 | 21767 | 80 | -386 |
| SLc5 | 194 | 257 | 17840 | -1479 | 2118 |
| SLc6 | 3 | 244 | 16875 | -2221 | 10 |
| SLc7 | 157 | -243 | 17840 | -9115 | 1713 |
| SLc8 | -34 | -256 | 16875 | -9857 | -395 |
| SLf1 | 182 | 93 | 22733 | 5913 | 1992 |
| SLf2 | -8 | 80 | 21767 | 5171 | -116 |
| SLf3 | 170 | -74 | 22733 | 3368 | 1857 |
| SLf4 | -21 | -86 | 21767 | 2625 | -251 |
| SLf5 | 181 | 90 | 17840 | -4024 | 1983 |
| SLf6 | -9 | 78 | 16875 | -4767 | -125 |
| SLf7 | 169 | -77 | 17840 | -6569 | 1848 |
| SLf8 | -21 | -89 | 16875 | -7312 | -260 |
| SLqp1 | 160 | 7 | 19879 | 834 | 1745 |
| SLqp2 | 1 | -3 | 19074 | 215 | -12 |

La geometria della palificata è riportata ai fini del calcolo delle azioni (sforzo assiale e taglio) sui singoli pali:

Geometria della palificata

| PALO | X | Y | trasversale longitudinale | |
|------|-------|-------|---------------------------|------|
| | | | Jxi | Jyi |
| 1 | -2.25 | -4.50 | 20.25 | 5.06 |
| 2 | -2.25 | 4.50 | 20.25 | 5.06 |
| 3 | -2.25 | 0.00 | 0.00 | 5.06 |
| 4 | 2.25 | -4.50 | 20.25 | 5.06 |
| 5 | 2.25 | 4.50 | 20.25 | 5.06 |
| 6 | 2.25 | 0.00 | 0.00 | 5.06 |



Nel seguito si riportano le azioni agenti sui singoli pali della palificata:

| PILA 01 – SFORZI NORMALI SUI PALI [kN] | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PALO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SLU1 | 4464 | 5817 | 5140 | 4231 | 5583 | 4907 |
| SLU2 | 4224 | 5451 | 4837 | 4211 | 5438 | 4825 |
| SLU3 | 4876 | 5356 | 5116 | 4691 | 5171 | 4931 |
| SLU4 | 4636 | 4991 | 4813 | 4671 | 5026 | 4849 |
| SLU5 | 4021 | 5867 | 4944 | 3788 | 5634 | 4711 |
| SLU6 | 3781 | 5502 | 4641 | 3768 | 5489 | 4629 |
| SLU7 | 4433 | 5407 | 4920 | 4248 | 5221 | 4735 |
| SLU8 | 4193 | 5041 | 4617 | 4228 | 5077 | 4653 |
| SLU9 | 4456 | 5624 | 5040 | 4009 | 5177 | 4593 |
| SLU10 | 4215 | 5258 | 4737 | 3989 | 5032 | 4511 |
| SLU11 | 4868 | 5164 | 5016 | 4469 | 4765 | 4617 |
| SLU12 | 4628 | 4798 | 4713 | 4449 | 4620 | 4535 |
| SLU13 | 4123 | 5662 | 4893 | 3676 | 5215 | 4446 |
| SLU14 | 3883 | 5296 | 4590 | 3657 | 5070 | 4364 |
| SLU15 | 4536 | 5202 | 4869 | 4137 | 4803 | 4470 |
| SLU16 | 4295 | 4836 | 4566 | 4117 | 4658 | 4387 |
| SLU17 | 4345 | 5522 | 4934 | 4111 | 5287 | 4699 |
| SLU18 | 4105 | 5156 | 4631 | 4091 | 5142 | 4617 |
| SLU19 | 4758 | 5062 | 4910 | 4571 | 4875 | 4723 |
| SLU20 | 4517 | 4696 | 4607 | 4551 | 4730 | 4641 |
| SLU21 | 4013 | 5560 | 4786 | 3778 | 5325 | 4552 |
| SLU22 | 3773 | 5194 | 4484 | 3759 | 5180 | 4470 |
| SLU23 | 4425 | 5100 | 4763 | 4239 | 4913 | 4576 |
| SLU24 | 4185 | 4734 | 4460 | 4219 | 4768 | 4494 |
| SLU25 | 4214 | 5668 | 4941 | 3964 | 5419 | 4692 |
| SLU26 | 3973 | 5303 | 4638 | 3945 | 5274 | 4609 |
| SLU27 | 4901 | 4901 | 4901 | 4731 | 4732 | 4732 |
| SLU28 | 4661 | 4536 | 4598 | 4712 | 4587 | 4649 |
| SLU29 | 3881 | 5706 | 4794 | 3632 | 5457 | 4545 |
| SLU30 | 3641 | 5341 | 4491 | 3613 | 5312 | 4462 |
| SLU31 | 4569 | 4939 | 4754 | 4399 | 4770 | 4584 |
| SLU32 | 4328 | 4574 | 4451 | 4380 | 4625 | 4502 |
| SLU33 | 4431 | 5637 | 5034 | 4124 | 5330 | 4727 |
| SLU34 | 4031 | 5027 | 4529 | 4092 | 5088 | 4590 |
| SLU35 | 4843 | 5176 | 5010 | 4584 | 4917 | 4751 |
| SLU36 | 4443 | 4567 | 4505 | 4552 | 4676 | 4614 |
| SLU37 | 4099 | 5675 | 4887 | 3792 | 5368 | 4580 |
| SLU38 | 3698 | 5065 | 4382 | 3760 | 5126 | 4443 |
| SLU39 | 4511 | 5214 | 4863 | 4252 | 4955 | 4604 |
| SLU40 | 4111 | 4605 | 4358 | 4220 | 4714 | 4467 |
| SLV1 | 3413 | 3650 | 3531 | 2594 | 2830 | 2712 |
| SLV2 | 3246 | 3396 | 3321 | 2580 | 2730 | 2655 |
| SLV3 | 3129 | 3558 | 3343 | 2686 | 3114 | 2900 |
| SLV4 | 2962 | 3304 | 3133 | 2672 | 3014 | 2843 |
| SLV5 | 3202 | 3438 | 3320 | 2852 | 3088 | 2970 |

| PILA 01 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN] | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PALO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SLV6 | 3035 | 3184 | 3110 | 2839 | 2987 | 2913 |
| SLc1 | 3256 | 4096 | 3676 | 3075 | 3916 | 3495 |
| SLc2 | 3055 | 3792 | 3424 | 3059 | 3795 | 3427 |
| SLc3 | 3530 | 3790 | 3660 | 3382 | 3641 | 3511 |
| SLc4 | 3330 | 3485 | 3408 | 3365 | 3520 | 3443 |
| SLc5 | 2999 | 2727 | 2863 | 2819 | 2547 | 2683 |
| SLc6 | 2799 | 2422 | 2611 | 2803 | 2426 | 2614 |
| SLc7 | 3274 | 2420 | 2847 | 3126 | 2272 | 2699 |
| SLc8 | 3074 | 2115 | 2595 | 3110 | 2151 | 2630 |
| SLf1 | 3347 | 3994 | 3671 | 3177 | 3824 | 3501 |
| SLf2 | 3147 | 3689 | 3418 | 3161 | 3703 | 3432 |
| SLf3 | 3439 | 3892 | 3665 | 3279 | 3732 | 3506 |
| SLf4 | 3239 | 3587 | 3413 | 3263 | 3612 | 3437 |
| SLf5 | 3091 | 2625 | 2858 | 2921 | 2455 | 2688 |
| SLf6 | 2891 | 2320 | 2605 | 2905 | 2334 | 2620 |
| SLf7 | 3182 | 2522 | 2852 | 3024 | 2364 | 2694 |
| SLf8 | 2982 | 2218 | 2600 | 3007 | 2243 | 2625 |
| SLqp1 | 3125 | 3247 | 3186 | 2976 | 3098 | 3037 |
| SLqp2 | 2958 | 2993 | 2976 | 2962 | 2997 | 2980 |

| PILA 01 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN] | | | |
|---|------------------|------------------|----------|
| | taglio Vx | taglio Vy | V |
| SLU1 | 43 | 62 | 75 |
| SLU2 | 3 | 59 | 59 |
| SLU3 | 34 | -58 | 67 |
| SLU4 | -5 | -61 | 61 |
| SLU5 | 43 | 62 | 75 |
| SLU6 | 3 | 59 | 59 |
| SLU7 | 34 | -58 | 67 |
| SLU8 | -5 | -61 | 61 |
| SLU9 | 81 | 62 | 102 |
| SLU10 | 42 | 60 | 73 |
| SLU11 | 73 | -57 | 92 |
| SLU12 | 33 | -60 | 69 |
| SLU13 | 81 | 63 | 102 |
| SLU14 | 42 | 60 | 73 |
| SLU15 | 73 | -57 | 92 |
| SLU16 | 33 | -60 | 68 |
| SLU17 | 43 | 64 | 77 |
| SLU18 | 3 | 61 | 61 |
| SLU19 | 34 | -56 | 65 |
| SLU20 | -5 | -59 | 59 |
| SLU21 | 43 | 64 | 77 |
| SLU22 | 3 | 61 | 61 |
| SLU23 | 34 | -56 | 65 |
| SLU24 | -5 | -58 | 59 |

| PILA 01 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN] | | | |
|---|------------------|------------------|----------|
| | taglio Vx | taglio Vy | V |
| SLU25 | 46 | 102 | 112 |
| SLU26 | 6 | 99 | 99 |
| SLU27 | 31 | -98 | 103 |
| SLU28 | -8 | -101 | 101 |
| SLU29 | 46 | 102 | 112 |
| SLU30 | 6 | 99 | 99 |
| SLU31 | 31 | -98 | 103 |
| SLU32 | -8 | -101 | 101 |
| SLU33 | 56 | 63 | 84 |
| SLU34 | -10 | 58 | 59 |
| SLU35 | 47 | -57 | 74 |
| SLU36 | -19 | -62 | 64 |
| SLU37 | 56 | 63 | 84 |
| SLU38 | -10 | 58 | 59 |
| SLU39 | 47 | -57 | 74 |
| SLU40 | -19 | -62 | 64 |
| SLV1 | 165 | 18 | 166 |
| SLV2 | 137 | 16 | 138 |
| SLV3 | 69 | 55 | 88 |
| SLV4 | 41 | 53 | 67 |
| SLV5 | 69 | 18 | 71 |
| SLV6 | 41 | 16 | 44 |
| SLc1 | 33 | 42 | 53 |
| SLc2 | 0 | 39 | 39 |
| SLc3 | 27 | -38 | 47 |
| SLc4 | -6 | -41 | 41 |
| SLc5 | 33 | 41 | 53 |
| SLc6 | 0 | 39 | 39 |
| SLc7 | 27 | -38 | 47 |
| SLc8 | -6 | -41 | 41 |
| SLf1 | 31 | 15 | 35 |
| SLf2 | -2 | 13 | 13 |
| SLf3 | 29 | -12 | 31 |
| SLf4 | -4 | -14 | 15 |
| SLf5 | 31 | 15 | 34 |
| SLf6 | -2 | 12 | 13 |
| SLf7 | 29 | -12 | 31 |
| SLf8 | -4 | -14 | 15 |
| SLqp1 | 27 | 1 | 27 |
| SLqp2 | 0 | -1 | 1 |

| PILA 02 – SFORZI NORMALI SUI PALI [kN] | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PALO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SLU1 | 4552 | 6215 | 5384 | 4365 | 6028 | 5196 |
| SLU2 | 4535 | 6059 | 5297 | 4456 | 5980 | 5218 |
| SLU3 | 5224 | 5524 | 5374 | 5056 | 5356 | 5206 |
| SLU4 | 5208 | 5368 | 5288 | 5147 | 5307 | 5227 |
| SLU5 | 4075 | 6260 | 5167 | 3888 | 6073 | 4980 |
| SLU6 | 4058 | 6104 | 5081 | 3979 | 6025 | 5002 |
| SLU7 | 4747 | 5569 | 5158 | 4579 | 5401 | 4990 |
| SLU8 | 4730 | 5413 | 5072 | 4670 | 5352 | 5011 |
| SLU9 | 4591 | 6054 | 5323 | 4082 | 5544 | 4813 |
| SLU10 | 4575 | 5898 | 5236 | 4173 | 5496 | 4834 |
| SLU11 | 5263 | 5363 | 5313 | 4773 | 4872 | 4822 |
| SLU12 | 5247 | 5207 | 5227 | 4864 | 4824 | 4844 |
| SLU13 | 4233 | 6087 | 5160 | 3724 | 5578 | 4651 |
| SLU14 | 4217 | 5931 | 5074 | 3815 | 5530 | 4672 |
| SLU15 | 4906 | 5397 | 5151 | 4415 | 4906 | 4660 |
| SLU16 | 4889 | 5241 | 5065 | 4506 | 4858 | 4682 |
| SLU17 | 4421 | 5902 | 5162 | 4233 | 5714 | 4974 |
| SLU18 | 4405 | 5746 | 5075 | 4324 | 5666 | 4995 |
| SLU19 | 5093 | 5211 | 5152 | 4924 | 5042 | 4983 |
| SLU20 | 5077 | 5055 | 5066 | 5015 | 4994 | 5005 |
| SLU21 | 4063 | 5936 | 5000 | 3876 | 5748 | 4812 |
| SLU22 | 4047 | 5780 | 4913 | 3967 | 5700 | 4833 |
| SLU23 | 4735 | 5245 | 4990 | 4566 | 5076 | 4821 |
| SLU24 | 4719 | 5089 | 4904 | 4658 | 5028 | 4843 |
| SLU25 | 4207 | 6122 | 5165 | 4014 | 5928 | 4971 |
| SLU26 | 4191 | 5966 | 5078 | 4105 | 5880 | 4992 |
| SLU27 | 5328 | 4970 | 5149 | 5165 | 4808 | 4987 |
| SLU28 | 5311 | 4814 | 5063 | 5256 | 4760 | 5008 |
| SLU29 | 3850 | 6155 | 5002 | 3656 | 5962 | 4809 |
| SLU30 | 3833 | 5999 | 4916 | 3747 | 5914 | 4830 |
| SLU31 | 4970 | 5004 | 4987 | 4808 | 4842 | 4825 |
| SLU32 | 4953 | 4848 | 4901 | 4899 | 4793 | 4846 |
| SLU33 | 4437 | 5943 | 5190 | 4214 | 5720 | 4967 |
| SLU34 | 4409 | 5683 | 5046 | 4366 | 5640 | 5003 |
| SLU35 | 5109 | 5253 | 5181 | 4905 | 5048 | 4976 |
| SLU36 | 5081 | 4993 | 5037 | 5056 | 4968 | 5012 |
| SLU37 | 4079 | 5977 | 5028 | 3856 | 5754 | 4805 |
| SLU38 | 4051 | 5717 | 4884 | 4008 | 5673 | 4841 |
| SLU39 | 4751 | 5286 | 5019 | 4547 | 5082 | 4814 |
| SLU40 | 4724 | 5026 | 4875 | 4699 | 5001 | 4850 |
| SLV1 | 3794 | 4109 | 3951 | 2434 | 2749 | 2592 |
| SLV2 | 3783 | 4000 | 3891 | 2498 | 2715 | 2606 |
| SLV3 | 3262 | 3895 | 3579 | 2648 | 3282 | 2965 |
| SLV4 | 3250 | 3787 | 3519 | 2711 | 3248 | 2980 |
| SLV5 | 3389 | 3697 | 3543 | 2895 | 3203 | 3049 |
| SLV6 | 3377 | 3589 | 3483 | 2958 | 3170 | 3064 |
| SLc1 | 3304 | 4347 | 3825 | 3167 | 4210 | 3688 |

| PILA 02 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN] | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PALO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SLc2 | 3290 | 4217 | 3754 | 3243 | 4169 | 3706 |
| SLc3 | 3752 | 3886 | 3819 | 3628 | 3762 | 3695 |
| SLc4 | 3738 | 3756 | 3747 | 3704 | 3721 | 3712 |
| SLc5 | 3033 | 2883 | 2958 | 2896 | 2746 | 2821 |
| SLc6 | 3019 | 2753 | 2886 | 2972 | 2706 | 2839 |
| SLc7 | 3481 | 2422 | 2952 | 3357 | 2298 | 2827 |
| SLc8 | 3468 | 2292 | 2880 | 3433 | 2258 | 2845 |
| SLf1 | 3454 | 4193 | 3823 | 3321 | 4060 | 3690 |
| SLf2 | 3440 | 4063 | 3752 | 3396 | 4020 | 3708 |
| SLf3 | 3603 | 4040 | 3821 | 3474 | 3911 | 3693 |
| SLf4 | 3589 | 3910 | 3749 | 3550 | 3871 | 3710 |
| SLf5 | 3183 | 2729 | 2956 | 3050 | 2597 | 2823 |
| SLf6 | 3169 | 2599 | 2884 | 3126 | 2556 | 2841 |
| SLf7 | 3332 | 2576 | 2954 | 3203 | 2447 | 2825 |
| SLf8 | 3318 | 2446 | 2882 | 3279 | 2407 | 2843 |
| SLqp1 | 3259 | 3386 | 3323 | 3136 | 3263 | 3199 |
| SLqp2 | 3248 | 3278 | 3263 | 3199 | 3229 | 3214 |

| PILA 02 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN] | | | |
|---|------------------|------------------|----------|
| | taglio Vx | taglio Vy | V |
| SLU1 | 22 | 75 | 78 |
| SLU2 | 10 | 70 | 71 |
| SLU3 | 20 | -68 | 71 |
| SLU4 | 8 | -73 | 73 |
| SLU5 | 22 | 75 | 78 |
| SLU6 | 10 | 70 | 71 |
| SLU7 | 20 | -68 | 71 |
| SLU8 | 8 | -73 | 73 |
| SLU9 | 59 | 75 | 95 |
| SLU10 | 46 | 70 | 84 |
| SLU11 | 57 | -68 | 88 |
| SLU12 | 44 | -73 | 85 |
| SLU13 | 59 | 75 | 95 |
| SLU14 | 46 | 70 | 84 |
| SLU15 | 57 | -68 | 88 |
| SLU16 | 44 | -72 | 85 |
| SLU17 | 22 | 77 | 80 |
| SLU18 | 10 | 73 | 73 |
| SLU19 | 20 | -66 | 69 |
| SLU20 | 8 | -70 | 71 |
| SLU21 | 22 | 77 | 80 |
| SLU22 | 10 | 73 | 73 |
| SLU23 | 20 | -66 | 69 |
| SLU24 | 8 | -70 | 71 |
| SLU25 | 23 | 122 | 124 |
| SLU26 | 10 | 118 | 118 |

| PILA 02 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN] | | | |
|---|------------------|------------------|----------|
| | taglio Vx | taglio Vy | V |
| SLU27 | 19 | -116 | 117 |
| SLU28 | 7 | -120 | 121 |
| SLU29 | 23 | 122 | 124 |
| SLU30 | 10 | 118 | 118 |
| SLU31 | 19 | -116 | 117 |
| SLU32 | 7 | -120 | 120 |
| SLU33 | 26 | 76 | 81 |
| SLU34 | 6 | 69 | 69 |
| SLU35 | 24 | -67 | 71 |
| SLU36 | 3 | -74 | 74 |
| SLU37 | 26 | 76 | 81 |
| SLU38 | 6 | 69 | 69 |
| SLU39 | 24 | -67 | 71 |
| SLU40 | 3 | -74 | 74 |
| SLV1 | 189 | 23 | 191 |
| SLV2 | 181 | 20 | 182 |
| SLV3 | 67 | 71 | 98 |
| SLV4 | 59 | 68 | 90 |
| SLV5 | 67 | 23 | 71 |
| SLV6 | 58 | 20 | 62 |
| SLc1 | 16 | 50 | 53 |
| SLc2 | 6 | 47 | 47 |
| SLc3 | 15 | -45 | 47 |
| SLc4 | 4 | -49 | 49 |
| SLc5 | 16 | 50 | 53 |
| SLc6 | 6 | 46 | 47 |
| SLc7 | 15 | -45 | 48 |
| SLc8 | 4 | -49 | 49 |
| SLf1 | 16 | 19 | 24 |
| SLf2 | 5 | 15 | 16 |
| SLf3 | 15 | -13 | 20 |
| SLf4 | 5 | -17 | 18 |
| SLf5 | 16 | 18 | 24 |
| SLf6 | 5 | 15 | 15 |
| SLf7 | 15 | -13 | 20 |
| SLf8 | 5 | -17 | 18 |
| SLqp1 | 14 | 2 | 15 |
| SLqp2 | 6 | -1 | 6 |

| PILA 03 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN] | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PALO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SLU1 | 4657 | 6432 | 5544 | 4411 | 6185 | 5298 |
| SLU2 | 4625 | 6262 | 5443 | 4517 | 6153 | 5335 |
| SLU3 | 5432 | 5614 | 5523 | 5228 | 5410 | 5319 |
| SLU4 | 5400 | 5445 | 5422 | 5334 | 5378 | 5356 |
| SLU5 | 4182 | 6476 | 5329 | 3935 | 6230 | 5083 |
| SLU6 | 4150 | 6307 | 5228 | 4042 | 6198 | 5120 |
| SLU7 | 4957 | 5659 | 5308 | 4752 | 5455 | 5104 |
| SLU8 | 4925 | 5489 | 5207 | 4859 | 5423 | 5141 |
| SLU9 | 4725 | 6301 | 5513 | 4097 | 5673 | 4885 |
| SLU10 | 4693 | 6131 | 5412 | 4203 | 5641 | 4922 |
| SLU11 | 5500 | 5484 | 5492 | 4914 | 4897 | 4905 |
| SLU12 | 5468 | 5314 | 5391 | 5020 | 4865 | 4943 |
| SLU13 | 4369 | 6335 | 5352 | 3740 | 5706 | 4723 |
| SLU14 | 4337 | 6165 | 5251 | 3846 | 5675 | 4760 |
| SLU15 | 5144 | 5518 | 5331 | 4557 | 4931 | 4744 |
| SLU16 | 5112 | 5348 | 5230 | 4663 | 4899 | 4781 |
| SLU17 | 4524 | 6121 | 5322 | 4277 | 5874 | 5075 |
| SLU18 | 4492 | 5951 | 5222 | 4383 | 5842 | 5112 |
| SLU19 | 5299 | 5304 | 5301 | 5094 | 5098 | 5096 |
| SLU20 | 5267 | 5134 | 5201 | 5200 | 5067 | 5133 |
| SLU21 | 4168 | 6155 | 5161 | 3921 | 5908 | 4914 |
| SLU22 | 4136 | 5985 | 5060 | 4027 | 5876 | 4951 |
| SLU23 | 4943 | 5337 | 5140 | 4738 | 5132 | 4935 |
| SLU24 | 4911 | 5168 | 5039 | 4844 | 5100 | 4972 |
| SLU25 | 4278 | 6380 | 5329 | 4018 | 6120 | 5069 |
| SLU26 | 4246 | 6210 | 5228 | 4124 | 6088 | 5106 |
| SLU27 | 5570 | 5018 | 5294 | 5379 | 4828 | 5104 |
| SLU28 | 5538 | 4848 | 5193 | 5485 | 4796 | 5141 |
| SLU29 | 3921 | 6414 | 5168 | 3661 | 6154 | 4908 |
| SLU30 | 3889 | 6244 | 5067 | 3767 | 6122 | 4945 |
| SLU31 | 5213 | 5052 | 5133 | 5023 | 4862 | 4942 |
| SLU32 | 5181 | 4882 | 5032 | 5129 | 4830 | 4979 |
| SLU33 | 4547 | 6164 | 5356 | 4255 | 5872 | 5064 |
| SLU34 | 4493 | 5881 | 5187 | 4431 | 5819 | 5125 |
| SLU35 | 5322 | 5347 | 5335 | 5072 | 5097 | 5084 |
| SLU36 | 5269 | 5064 | 5166 | 5248 | 5044 | 5146 |
| SLU37 | 4190 | 6198 | 5194 | 3898 | 5906 | 4902 |
| SLU38 | 4137 | 5915 | 5026 | 4075 | 5853 | 4964 |
| SLU39 | 4966 | 5381 | 5173 | 4715 | 5131 | 4923 |
| SLU40 | 4912 | 5098 | 5005 | 4892 | 5078 | 4985 |
| SLV1 | 4044 | 4430 | 4237 | 2310 | 2695 | 2503 |
| SLV2 | 4022 | 4312 | 4167 | 2384 | 2673 | 2528 |
| SLV3 | 3329 | 4171 | 3750 | 2569 | 3410 | 2989 |
| SLV4 | 3307 | 4053 | 3680 | 2642 | 3388 | 3015 |
| SLV5 | 3523 | 3900 | 3712 | 2893 | 3271 | 3082 |
| SLV6 | 3501 | 3782 | 3642 | 2967 | 3249 | 3108 |
| SLc1 | 3385 | 4502 | 3944 | 3206 | 4323 | 3764 |
| SLc2 | 3359 | 4361 | 3860 | 3294 | 4296 | 3795 |

| PILA 03 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN] | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PALO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SLc3 | 3902 | 3957 | 3930 | 3750 | 3806 | 3778 |
| SLc4 | 3876 | 3816 | 3846 | 3839 | 3779 | 3809 |
| SLc5 | 3113 | 3039 | 3076 | 2933 | 2860 | 2897 |
| SLc6 | 3086 | 2897 | 2992 | 3022 | 2833 | 2928 |
| SLc7 | 3629 | 2494 | 3062 | 3478 | 2343 | 2910 |
| SLc8 | 3603 | 2353 | 2978 | 3566 | 2316 | 2941 |
| SLf1 | 3558 | 4321 | 3939 | 3387 | 4150 | 3769 |
| SLf2 | 3531 | 4179 | 3855 | 3476 | 4124 | 3800 |
| SLf3 | 3730 | 4139 | 3935 | 3569 | 3978 | 3773 |
| SLf4 | 3703 | 3998 | 3851 | 3657 | 3951 | 3804 |
| SLf5 | 3285 | 2857 | 3071 | 3115 | 2688 | 2901 |
| SLf6 | 3258 | 2716 | 2987 | 3203 | 2661 | 2932 |
| SLf7 | 3457 | 2676 | 3066 | 3297 | 2515 | 2906 |
| SLf8 | 3431 | 2534 | 2982 | 3385 | 2489 | 2937 |
| SLqp1 | 3373 | 3499 | 3436 | 3217 | 3343 | 3280 |
| SLqp2 | 3351 | 3381 | 3366 | 3291 | 3321 | 3306 |

| PILA 03 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN] | | | |
|---|------------------|------------------|----------|
| | taglio Vx | taglio Vy | V |
| SLU1 | 23 | 76 | 79 |
| SLU2 | 10 | 71 | 72 |
| SLU3 | 19 | -69 | 72 |
| SLU4 | 7 | -74 | 74 |
| SLU5 | 23 | 76 | 79 |
| SLU6 | 10 | 72 | 72 |
| SLU7 | 19 | -69 | 72 |
| SLU8 | 7 | -73 | 74 |
| SLU9 | 58 | 76 | 96 |
| SLU10 | 46 | 72 | 85 |
| SLU11 | 54 | -69 | 88 |
| SLU12 | 42 | -73 | 84 |
| SLU13 | 58 | 76 | 96 |
| SLU14 | 46 | 72 | 85 |
| SLU15 | 54 | -69 | 88 |
| SLU16 | 42 | -73 | 84 |
| SLU17 | 23 | 78 | 82 |
| SLU18 | 11 | 74 | 75 |
| SLU19 | 19 | -67 | 69 |
| SLU20 | 7 | -71 | 71 |
| SLU21 | 23 | 78 | 82 |
| SLU22 | 11 | 74 | 75 |
| SLU23 | 19 | -67 | 69 |
| SLU24 | 7 | -71 | 71 |
| SLU25 | 24 | 124 | 126 |
| SLU26 | 12 | 120 | 120 |
| SLU27 | 18 | -118 | 119 |

| PILA 03 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN] | | | |
|---|------------------|------------------|----------|
| | taglio Vx | taglio Vy | V |
| SLU28 | 5 | -122 | 122 |
| SLU29 | 24 | 124 | 127 |
| SLU30 | 12 | 120 | 120 |
| SLU31 | 18 | -117 | 119 |
| SLU32 | 5 | -122 | 122 |
| SLU33 | 27 | 77 | 82 |
| SLU34 | 6 | 70 | 70 |
| SLU35 | 23 | -68 | 72 |
| SLU36 | 2 | -75 | 75 |
| SLU37 | 27 | 77 | 82 |
| SLU38 | 6 | 70 | 70 |
| SLU39 | 23 | -68 | 72 |
| SLU40 | 2 | -75 | 75 |
| SLV1 | 194 | 28 | 196 |
| SLV2 | 185 | 25 | 187 |
| SLV3 | 70 | 87 | 111 |
| SLV4 | 61 | 83 | 103 |
| SLV5 | 69 | 28 | 74 |
| SLV6 | 60 | 24 | 65 |
| SLc1 | 17 | 51 | 54 |
| SLc2 | 6 | 47 | 48 |
| SLc3 | 14 | -46 | 48 |
| SLc4 | 4 | -49 | 50 |
| SLc5 | 17 | 51 | 53 |
| SLc6 | 6 | 47 | 47 |
| SLc7 | 14 | -46 | 48 |
| SLc8 | 4 | -50 | 50 |
| SLf1 | 16 | 19 | 25 |
| SLf2 | 5 | 15 | 16 |
| SLf3 | 15 | -13 | 20 |
| SLf4 | 5 | -17 | 18 |
| SLf5 | 16 | 18 | 24 |
| SLf6 | 5 | 15 | 16 |
| SLf7 | 15 | -14 | 20 |
| SLf8 | 5 | -18 | 18 |
| SLqp1 | 15 | 2 | 15 |
| SLqp2 | 6 | -1 | 6 |

| PILA 04 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN] | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PALO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SLU1 | 4749 | 6257 | 5503 | 4340 | 5848 | 5094 |
| SLU2 | 4418 | 5827 | 5123 | 4384 | 5793 | 5088 |
| SLU3 | 5340 | 5576 | 5458 | 5021 | 5257 | 5139 |
| SLU4 | 5009 | 5146 | 5077 | 5065 | 5201 | 5133 |
| SLU5 | 4308 | 6306 | 5307 | 3899 | 5897 | 4898 |
| SLU6 | 3977 | 5876 | 4926 | 3943 | 5841 | 4892 |
| SLU7 | 4899 | 5624 | 5262 | 4580 | 5305 | 4943 |
| SLU8 | 4568 | 5194 | 4881 | 4624 | 5250 | 4937 |
| SLU9 | 4808 | 6135 | 5472 | 4046 | 5373 | 4709 |
| SLU10 | 4477 | 5705 | 5091 | 4089 | 5318 | 4704 |
| SLU11 | 5399 | 5454 | 5426 | 4727 | 4782 | 4754 |
| SLU12 | 5068 | 5024 | 5046 | 4771 | 4727 | 4749 |
| SLU13 | 4477 | 6172 | 5324 | 3715 | 5410 | 4562 |
| SLU14 | 4146 | 5742 | 4944 | 3759 | 5354 | 4557 |
| SLU15 | 5068 | 5490 | 5279 | 4396 | 4818 | 4607 |
| SLU16 | 4737 | 5060 | 4899 | 4440 | 4763 | 4601 |
| SLU17 | 4626 | 5966 | 5296 | 4215 | 5555 | 4885 |
| SLU18 | 4295 | 5536 | 4915 | 4258 | 5500 | 4879 |
| SLU19 | 5217 | 5285 | 5251 | 4896 | 4964 | 4930 |
| SLU20 | 4886 | 4855 | 4870 | 4940 | 4909 | 4924 |
| SLU21 | 4295 | 6003 | 5149 | 3884 | 5592 | 4738 |
| SLU22 | 3964 | 5573 | 4768 | 3928 | 5536 | 4732 |
| SLU23 | 4886 | 5321 | 5104 | 4565 | 5000 | 4783 |
| SLU24 | 4555 | 4891 | 4723 | 4609 | 4945 | 4777 |
| SLU25 | 4437 | 6183 | 5310 | 3999 | 5744 | 4871 |
| SLU26 | 4106 | 5753 | 4929 | 4042 | 5688 | 4865 |
| SLU27 | 5423 | 5047 | 5235 | 5134 | 4758 | 4946 |
| SLU28 | 5092 | 4617 | 4854 | 5178 | 4703 | 4940 |
| SLU29 | 4107 | 6219 | 5163 | 3668 | 5780 | 4724 |
| SLU30 | 3776 | 5789 | 4782 | 3712 | 5725 | 4718 |
| SLU31 | 5092 | 5083 | 5088 | 4803 | 4794 | 4799 |
| SLU32 | 4761 | 4653 | 4707 | 4847 | 4739 | 4793 |
| SLU33 | 4745 | 6099 | 5422 | 4211 | 5565 | 4888 |
| SLU34 | 4193 | 5382 | 4788 | 4284 | 5473 | 4878 |
| SLU35 | 5336 | 5417 | 5377 | 4892 | 4974 | 4933 |
| SLU36 | 4784 | 4701 | 4742 | 4965 | 4882 | 4923 |
| SLU37 | 4414 | 6135 | 5275 | 3880 | 5601 | 4741 |
| SLU38 | 3862 | 5418 | 4640 | 3953 | 5509 | 4731 |
| SLU39 | 5005 | 5454 | 5229 | 4562 | 5010 | 4786 |
| SLU40 | 4454 | 4737 | 4595 | 4635 | 4918 | 4776 |
| SLV1 | 3986 | 4306 | 4146 | 2342 | 2662 | 2502 |
| SLV2 | 3756 | 4008 | 3882 | 2372 | 2624 | 2498 |
| SLV3 | 3381 | 4079 | 3730 | 2570 | 3267 | 2919 |
| SLV4 | 3151 | 3780 | 3466 | 2600 | 3229 | 2915 |
| SLV5 | 3533 | 3841 | 3687 | 2858 | 3166 | 3012 |
| SLV6 | 3304 | 3542 | 3423 | 2889 | 3128 | 3008 |
| SLc1 | 3476 | 4416 | 3946 | 3161 | 4101 | 3631 |
| SLc2 | 3201 | 4058 | 3629 | 3198 | 4055 | 3626 |

| PILA 04 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN] | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PALO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SLc3 | 3871 | 3962 | 3916 | 3616 | 3707 | 3661 |
| SLc4 | 3595 | 3604 | 3599 | 3652 | 3661 | 3656 |
| SLc5 | 3212 | 3048 | 3130 | 2899 | 2734 | 2816 |
| SLc6 | 2937 | 2690 | 2813 | 2935 | 2688 | 2812 |
| SLc7 | 3607 | 2594 | 3100 | 3353 | 2340 | 2846 |
| SLc8 | 3331 | 2236 | 2783 | 3389 | 2294 | 2842 |
| SLf1 | 3608 | 4265 | 3936 | 3313 | 3970 | 3641 |
| SLf2 | 3332 | 3907 | 3619 | 3349 | 3924 | 3636 |
| SLf3 | 3739 | 4113 | 3926 | 3464 | 3838 | 3651 |
| SLf4 | 3463 | 3755 | 3609 | 3501 | 3792 | 3646 |
| SLf5 | 3344 | 2897 | 3120 | 3050 | 2603 | 2826 |
| SLf6 | 3068 | 2538 | 2803 | 3087 | 2557 | 2822 |
| SLf7 | 3475 | 2745 | 3110 | 3201 | 2472 | 2836 |
| SLf8 | 3199 | 2387 | 2793 | 3238 | 2425 | 2832 |
| SLqp1 | 3396 | 3489 | 3442 | 3138 | 3230 | 3184 |
| SLqp2 | 3166 | 3190 | 3178 | 3168 | 3192 | 3180 |

| PILA 04 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN] | | | |
|---|------------------|------------------|----------|
| | taglio Vx | taglio Vy | V |
| SLU1 | 42 | 64 | 77 |
| SLU2 | 4 | 62 | 62 |
| SLU3 | 33 | -61 | 69 |
| SLU4 | -5 | -63 | 63 |
| SLU5 | 42 | 65 | 77 |
| SLU6 | 4 | 62 | 62 |
| SLU7 | 33 | -60 | 69 |
| SLU8 | -5 | -63 | 63 |
| SLU9 | 78 | 65 | 102 |
| SLU10 | 40 | 63 | 74 |
| SLU11 | 69 | -60 | 91 |
| SLU12 | 31 | -62 | 70 |
| SLU13 | 78 | 65 | 102 |
| SLU14 | 40 | 63 | 74 |
| SLU15 | 69 | -60 | 91 |
| SLU16 | 31 | -62 | 69 |
| SLU17 | 42 | 67 | 79 |
| SLU18 | 4 | 64 | 64 |
| SLU19 | 33 | -58 | 67 |
| SLU20 | -5 | -61 | 61 |
| SLU21 | 42 | 67 | 79 |
| SLU22 | 4 | 64 | 64 |
| SLU23 | 33 | -58 | 67 |
| SLU24 | -5 | -61 | 61 |
| SLU25 | 45 | 106 | 115 |

| PILA 04 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN] | | | |
|---|------------------|------------------|----------|
| | taglio Vx | taglio Vy | V |
| SLU26 | 7 | 104 | 104 |
| SLU27 | 30 | -102 | 107 |
| SLU28 | -8 | -105 | 105 |
| SLU29 | 45 | 106 | 115 |
| SLU30 | 7 | 104 | 104 |
| SLU31 | 30 | -102 | 106 |
| SLU32 | -8 | -105 | 105 |
| SLU33 | 55 | 65 | 85 |
| SLU34 | -9 | 61 | 62 |
| SLU35 | 46 | -60 | 75 |
| SLU36 | -18 | -64 | 66 |
| SLU37 | 55 | 65 | 85 |
| SLU38 | -9 | 61 | 62 |
| SLU39 | 46 | -60 | 75 |
| SLU40 | -18 | -64 | 66 |
| SLV1 | 200 | 26 | 202 |
| SLV2 | 174 | 24 | 175 |
| SLV3 | 81 | 77 | 112 |
| SLV4 | 55 | 76 | 93 |
| SLV5 | 79 | 24 | 82 |
| SLV6 | 52 | 22 | 57 |
| SLc1 | 32 | 43 | 54 |
| SLc2 | 1 | 41 | 41 |
| SLc3 | 26 | -40 | 48 |
| SLc4 | -5 | -42 | 43 |
| SLc5 | 32 | 43 | 54 |
| SLc6 | 1 | 41 | 41 |
| SLc7 | 26 | -41 | 48 |
| SLc8 | -6 | -43 | 43 |
| SLf1 | 30 | 15 | 34 |
| SLf2 | -1 | 13 | 13 |
| SLf3 | 28 | -12 | 31 |
| SLf4 | -3 | -14 | 15 |
| SLf5 | 30 | 15 | 34 |
| SLf6 | -2 | 13 | 13 |
| SLf7 | 28 | -13 | 31 |
| SLf8 | -4 | -15 | 15 |
| SLqp1 | 27 | 1 | 27 |
| SLqp2 | 0 | 0 | 1 |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 46 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

Si riporta ora un prospetto riepilogativo delle sollecitazioni più significative agenti sui pali agli stati limite considerati:

STATICA

| | Nmax | Nmin | Nmedio | Vmax |
|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| P01 | 5867 | 3613 | 5024 | 112 |
| P02 | 6260 | 3656 | 5290 | 124 |
| P03 | 6476 | 3661 | 5421 | 127 |
| P04 | 6306 | 3668 | 5299 | 115 |
| max | 6476 | 3668 | 5421 | 127 |

SISMICA

| | Nmax | Nmin | Nmedio | Vmax |
|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| P01 | 3650 | 2580 | 3145 | 166 |
| P02 | 4109 | 2434 | 3296 | 191 |
| P03 | 4430 | 2310 | 3397 | 196 |
| P04 | 4306 | 2342 | 3350 | 202 |
| max | 4430 | 2580 | 3397 | 202 |

SLE - CARATTERISTICO

| | Nmax | Nmin | Vmax |
|------------|-------------|-------------|-----------|
| P01 | 4096 | 2115 | 53 |
| P02 | 4347 | 2258 | 53 |
| P03 | 4502 | 2316 | 54 |
| P04 | 4416 | 2236 | 54 |
| max | 4502 | 2115 | 54 |

SLE - FREQUENTE

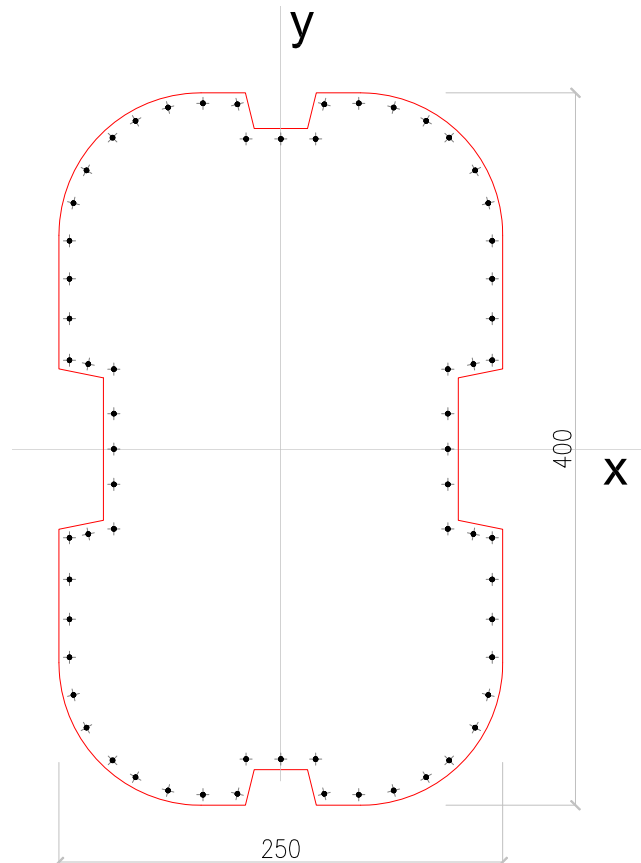
| | Nmax | Nmin | Vmax |
|------------|-------------|-------------|-----------|
| P01 | 3994 | 2218 | 35 |
| P02 | 4193 | 2407 | 24 |
| P03 | 4321 | 2489 | 25 |
| P04 | 4265 | 2387 | 34 |
| max | 4321 | 2218 | 35 |

SLE - QUASI PERMANENTE

| | Nmax | Nmin | Vmax |
|------------|-------------|-------------|-----------|
| P01 | 3247 | 2958 | 27 |
| P02 | 3386 | 3136 | 15 |
| P03 | 3499 | 3217 | 15 |
| P04 | 3489 | 3138 | 27 |
| max | 3499 | 2958 | 27 |

4 VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE

La sezione tipo del fusto pile è rappresentata nella figura seguente. Attraverso diverse analisi di predimensionamento si è scelto di armare longitudinalmente il fusto delle pile con 64 ferri $\Phi 20$ posti ad interasse 20 cm. Tale scelta è stata adottata su tutte le pile.



4.1 S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE

Sulla base delle sollecitazioni ottenute si sono condotte le verifiche di resistenza a presso-flessione deviata nelle condizioni di massimo momento trasversale, massimo momento longitudinale e minimo sforzo assiale, utilizzando il programma V.C.A.S.L.U. La verifica è stata condotta seguendo quanto prescritto dalle NTC al punto 4.1.2.1.2.4. Dopo aver calcolato con VCASLU M_{Ryd} e M_{Rxd} , in funzione dello sforzo normale associato alla condizione di sollecitazione esaminata, si è condotta la verifica:

$$\left(\frac{M_{Exd}}{M_{Rxd}} \right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{Eyd}}{M_{Ryd}} \right)^{\alpha} \leq 1$$

dove

M_{Ryd} e M_{Rxd} sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi x e y;

M_{Eyd} e M_{Exd} sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti a N_{Ed} valutati separatamente attorno agli assi x e y (calcolati con VCASLU);

α è posto uguale a 1 cautelativamente.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 48 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

Nel seguito si riportano le tabelle riassuntive per le verifiche condotte:

Caso di Sollecitazione N_{min}

| PILA | N_{Ed} [kN] | M_{Edx} [kNm] | M_{Edy} [kNm] | M_{Rdx} [kNm] | M_{Rdy} [kNm] | Verifica | check |
|------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-------|
| P01 | 10682 | 1110 | 6557 | 33735 | 21138 | 0.34 | ok |
| P02 | 12249 | 1654 | 11442 | 36214 | 22707 | 0.55 | ok |
| P03 | 12841 | 2229 | 13838 | 37137 | 23288 | 0.65 | ok |
| P04 | 11895 | 1907 | 11946 | 35658 | 22355 | 0.59 | ok |

Caso di Sollecitazione M_{EdxMax}

| PILA | N_{Ed} [kN] | M_{Edx} [kNm] | M_{Edy} [kNm] | M_{Rdx} [kNm] | M_{Rdy} [kNm] | Verifica | check |
|------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-------|
| P01 | 19184 | 15685 | 2219 | 46463 | 29234 | 0.41 | ok |
| P02 | 19654 | 18917 | 1736 | 47114 | 29650 | 0.46 | ok |
| P03 | 20445 | 20571 | 2121 | 48197 | 30341 | 0.50 | ok |
| P04 | 19880 | 17416 | 3640 | 47425 | 29848 | 0.49 | ok |

Caso di Sollecitazione M_{EdyMax}

| PILA | N_{Ed} [kN] | M_{Edx} [kNm] | M_{Edy} [kNm] | M_{Rdx} [kNm] | M_{Rdy} [kNm] | Verifica | check |
|------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-------|
| P01 | 11484 | 1864 | 8005 | 35010 | 21944 | 0.42 | ok |
| P02 | 12384 | 2478 | 12075 | 36425 | 22841 | 0.60 | ok |
| P03 | 12974 | 3045 | 14617 | 37342 | 23418 | 0.71 | ok |
| P04 | 12700 | 2500 | 14100 | 36917 | 23151 | 0.68 | ok |

Ancora, si riporta, a titolo esemplificativo, l'output di Vcaslu per la pila P01 nella condizione di minimo sforzo assiale:

Momento resistente M_{Rxd}

Verifica C.A. S.L.U. - File: Mxrd_SX

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|----------|----------|
| 1 | -125 | -200 | 1 | 3.141593 | -95 | 0 |
| 2 | 125 | -200 | 2 | 3.141593 | -95 | 19.62587 |
| 3 | 125 | 200 | 3 | 3.141593 | -95 | 39.25174 |
| 4 | -125 | 200 | 4 | 3.141593 | 109.4916 | 16.99734 |
| | | | 5 | 3.141593 | -120 | 58.00837 |
| | | | 6 | 3.141593 | -120 | 77.63424 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C28/35

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ‰
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Momento resistente M_{Ryd}

Verifica C.A. S.L.U. - File: Myrd_SX

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|----------|----------|
| 1 | 200 | 125 | 1 | 3.141593 | 0 | -95 |
| 2 | 200 | -125 | 2 | 3.141593 | 19.62587 | -95 |
| 3 | -200 | -125 | 3 | 3.141593 | 39.25174 | -95 |
| 4 | -200 | 125 | 4 | 3.141593 | 46.99734 | 109.4916 |
| | | | 5 | 3.141593 | 58.00837 | -120 |
| | | | 6 | 3.141593 | 77.63424 | -120 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

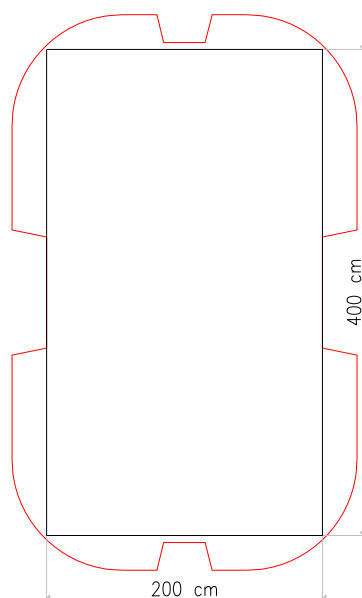
B450C C28/35

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ‰
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

4.2 S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO

Le verifiche alle tensioni tangenziali vengono effettuate nelle due combinazioni che massimizzano rispettivamente il taglio longitudinale ed il taglio trasversale, con i valori di sforzo assiale associati a tali combinazioni. Inoltre, per lo sforzo normale minimo si effettua la verifica a taglio nelle due direzioni principali. Per le verifiche di taglio si fa riferimento a quanto prescritto nel paragrafo 4.1.2.1.3 delle norme tecniche per le costruzioni. A vantaggio di statica, per il calcolo del taglio resistente, ci si riferisce ad una sezione rettangolare ideale di calcestruzzo iscritta all'interno della sezione reale della pila. La verifica a taglio viene eseguita nella sezione più sfavorevole, che risulta essere quella all'estradosso del plinto di fondazione. Essendo le pile di uguale sezione trasversale e con la medesima armatura longitudinale si conduce la verifica in relazione alle massime sollecitazioni taglianti fra tutte le pile. La verifica condotta è riportata nel foglio di calcolo seguente, dal quale si evince che il taglio resistente del solo calcestruzzo risulta essere maggiore della sollecitazione di progetto e non risulterebbe quindi necessario disporre armatura a taglio.



VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

| sezione di verifica corrispondente a | taglio trasversale | taglio trasversale | taglio longitudinale | taglio longitudinale | | |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-----|--------------------------------------|
| | Nmin | Fymax | Nmin | Fxmax | | |
| Sollecitazioni | | | | | | |
| V | = 94 | 745 | 824 | 1201 | kN | taglio |
| N | = 10682 | 20445 | 10682 | 12700 | kN | sforzo normale (>0 compressione) |
| Geometria | | | | | | |
| B | = 2000 | 2000 | 3500 | 3500 | mm | larghezza sezione |
| H | = 3500 | 3500 | 2000 | 2000 | mm | altezza sezione |
| C | = 80 | 80 | 80 | 80 | mm | copriferro |
| D | = 3420 | 3420 | 1920 | 1920 | mm | altezza utile |
| Materiali | | | | | | |
| R _{ck} | = 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f _{ck} | = 29.1 | 29.1 | 29.1 | 29.1 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| g _c | = 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | coefficiente parziale di sicurezza |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 51 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| | | | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--|
| a_{cc} | = | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| g_s | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente di sicurezza acciaio |
| f_{yk} | = | 450.0 | 450.0 | 450.0 | 450.0 | MPa | tensione caratteristica di snervamento acciaio |
| f_{yd} | = | 391.3 | 391.3 | 391.3 | 391.3 | MPa | tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio |
| Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio | | | | | | | |
| A_{sl} | = | 20420.0 | 20420.0 | 20420.0 | 20420.0 | mm ² | armatura longitudinale |
| r_l | = | 0.00292 | 0.00292 | 0.00292 | 0.00292 | | rapporto geometrico di armatura longitudinale |
| K | = | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | | |
| v_{min} | = | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | | |
| s_{cp} | = | 1.5 | 2.9 | 1.5 | 1.8 | MPa | tensione media calcestruzzo |
| $s_{cp,ad}$ | = | 1.5 | 2.9 | 1.5 | 1.8 | MPa | tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$) |
| V_{Rd} | = | 3643.7 | 5074.8 | 3712.9 | 4003.4 | kN | taglio resistente |
| Check | = | OK | OK | OK | OK | | |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 52 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

4.3 S.L.E. – FESSURAZIONE

Si procede alla verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione σ_s è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo teso della sezione calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente.

Per quanto riguarda le condizioni ambientali e la sensibilità delle armature sono state assunte:

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

Definita la massima tensione ammissibile nelle barre di acciaio, si considerano per ogni combinazione le condizioni di sforzo normale e taglio agente e, con l'ausilio del programma di calcolo V.C.A.S.L.U., utilizzando un'analisi elastica, si determina la massima tensione di trazione nelle barre di armatura, per la combinazione più gravosa fra quelle prese in considerazione.

**condizioni ambientali aggressive
armature poco sensibili**

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

| σ_s [MPa] | w2=0.30 mm | | | | | | | | | w1=0.20 mm | |
|---------------------|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|
| | \varnothing [mm] | | | | | | | | | | |
| 160 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 25 | 25 |
| 200 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 16 | 16 |
| 240 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 12 | 12 |
| 280 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 8 | 8 |
| 320 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 6 | 6 |
| 360 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | - | - |

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

| σ_s [MPa] | w2=0.30 mm | | | | | | | | | w1=0.20 mm | |
|---------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|
| | spaziatura s delle barre (mm) | | | | | | | | | | |
| 160 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 200 | 200 |
| 200 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 150 | 150 |
| 240 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 100 | 100 |
| 280 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 50 | 50 |
| 320 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | - | - |
| 360 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | - | - |

PILA P01

Sollecitazioni agenti

| | freq 1 | freq 2 | freq 3 | freq 4 | combinazione | | | | qp1 | qp2 | kN | sforzo assiale |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|--|
| | | | | | freq 5 | freq 6 | freq 7 | freq 8 | | | | |
| N | 14269 | 13306 | 14269 | 13306 | 9393 | 8430 | 9393 | 8430 | 11424 | 10621 | | |
| M _x | 5598 | 4693 | 4252 | 3347 | -4418 | -5323 | -5764 | -6669 | 1075 | 321 | kNm | momento flettente trasversale |
| M _y | 1615 | -123 | 1515 | -223 | 1610 | -128 | 1510 | -228 | 1418 | -31 | kNm | momento flettente longitudinale |
| $\sigma_{s,max}$ | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 160 | 160 | MPa | tensione massima nell'acciaio da normativa |
| $\sigma_{sd,max}$ | - | - | - | - | - | - | - | 2.46 | - | - | MPa | tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo |
| | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | |

PILA P02

Sollecitazioni agenti

| | freq 1 | freq 2 | freq 3 | freq 4 | combinazione | | | | qp1 | qp2 | kN | sforzo assiale |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|--|
| | | | | | freq 5 | freq 6 | freq 7 | freq 8 | | | | |
| N | 15297 | 15134 | 15297 | 15134 | 10092 | 9930 | 10092 | 9930 | 12321 | 12186 | | |
| M _x | 6380 | 5391 | 4131 | 3142 | -4354 | -5343 | -6604 | -7593 | 1110 | 286 | kNm | momento flettente trasversale |
| M _y | 1191 | 432 | 1156 | 397 | 1189 | 430 | 1154 | 395 | 1109 | 476 | kNm | momento flettente longitudinale |
| $\sigma_{s,max}$ | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 160 | 160 | MPa | tensione massima nell'acciaio da normativa |
| $\sigma_{sd,max}$ | - | - | - | - | - | - | - | 2.36 | - | - | MPa | tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo |
| | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | |

PILA P03

Sollecitazioni agenti

| | freq 1 | freq 2 | freq 3 | freq 4 | combinazione | | freq 7 | freq 8 | qp1 | qp2 | | | |
|---------------------|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--|
| N | = | 15720 | 15879 | 15720 | 10672 | 10513 | 10672 | 10513 | 12904 | 12771 | kN | sforzo assiale | |
| M _x | = | 6585 | 5606 | 3883 | 2905 | -4123 | -5102 | -6825 | -7803 | 1098 | 282 | kNm | momento flettente trasversale |
| M _y | = | 1390 | 456 | 1315 | 381 | 1385 | 451 | 1310 | 376 | 1273 | 494 | kNm | momento flettente longitudinale |
| σ _{s,max} | = | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 160 | 160 | MPa | tensione massima nell'acciaio da normativa |
| σ _{Sd,max} | = | - | - | - | - | - | - | - | 1.80 | - | - | MPa | tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | |

PILA P04

Sollecitazioni agenti

| | freq 1 | freq 2 | freq 3 | freq 4 | combinazione | | freq 7 | freq 8 | qp1 | qp2 | | | |
|---------------------|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|--|
| N | = | 15488 | 14522 | 15488 | 14522 | 10595 | 9630 | 10595 | 9630 | 12634 | 11829 | kN | sforzo assiale |
| M _x | = | 5681 | 4970 | 3553 | 2841 | -4249 | -4960 | -6378 | -7089 | 815 | 222 | kNm | momento flettente trasversale |
| M _y | = | 2448 | -137 | 2282 | -303 | 2437 | -148 | 2271 | -314 | 2144 | -9 | kNm | momento flettente longitudinale |
| σ _{s,max} | = | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 160 | 160 | MPa | tensione massima nell'acciaio da normativa |
| σ _{Sd,max} | = | - | - | - | - | - | - | - | 1.46 | - | - | MPa | tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | |

Si riporta, a titolo esemplificativo, l'output di VCAASLU per la pila P01 nel caso della combinazione frequente 08:

4.4 S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: 0,60 f_{ck} in combinazione caratteristica e 0,40 f_{ck} in combinazione quasi permanente; per l'acciaio: 0,8 f_{yk} in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

PILA P01

| | rara1 | rara2 | rara3 | rara4 | combinazione | | rara7 | rara8 | qp1 | qp2 | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| | | | | | rara5 | rara6 | | | | | | | |
| Sollecitazioni agenti | | | | | | | | | | | | | |
| N | = | 14269 | 13306 | 14269 | 13306 | 9393 | 8430 | 9393 | 8430 | 11424 | 10621 | kN | sforzo assiale |
| M _x | = | 6944 | 6039 | 2906 | 2001 | -3072 | -3977 | -7110 | -8015 | 1075 | 321 | kNm | momento flettente trasversale |
| M _y | = | 1716 | -22 | 1414 | -324 | 1711 | -27 | 1409 | -329 | 1418 | -31 | kNm | momento flettente longitudinale |
| Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio | | | | | | | | | | | | | |
| σ _{c,max} | = | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 13.07 | 13.07 | [MPa] | massima tensione del cls da normativa |
| σ _{c,Sd} | = | 2.77 | - | - | - | - | - | - | 2.14 | 1.58 | - | [MPa] | tensione di calcolo del cls in esercizio |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | |
| Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio | | | | | | | | | | | | | |
| σ _{s,max} | = | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | | | [MPa] | massima tensione dell'acciaio normativa |
| σ _{s,Sd} | = | - | - | - | - | - | - | - | 7.75 | | | [MPa] | tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | | | |

PILA P02

| | rara1 | rara2 | rara3 | rara4 | combinazione | | rara7 | rara8 | qp1 | qp2 | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| | | | | | rara5 | rara6 | | | | | | | |
| Sollecitazioni agenti | | | | | | | | | | | | | |
| N | = | 15297 | 15134 | 15297 | 15134 | 10092 | 9930 | 10092 | 9930 | 12321 | 12186 | kN | sforzo assiale |
| M _x | = | 8630 | 7641 | 1881 | 892 | -2104 | -3093 | -8854 | -9843 | 1110 | 286 | kNm | momento flettente trasversale |
| M _y | = | 1227 | 467 | 1121 | 362 | 1225 | 465 | 1119 | 360 | 1109 | 476 | kNm | momento flettente longitudinale |
| Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio | | | | | | | | | | | | | |
| σ _{c,max} | = | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 13.07 | 13.07 | [MPa] | massima tensione del cls da normativa |
| σ _{c,Sd} | = | 3.00 | - | - | - | - | - | - | 2.60 | 1.60 | - | [MPa] | tensione di calcolo del cls in esercizio |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | |
| Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio | | | | | | | | | | | | | |
| σ _{s,max} | = | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | | | [MPa] | massima tensione dell'acciaio normativa |
| σ _{s,Sd} | = | - | - | - | - | - | - | - | 11.00 | | | [MPa] | tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | | | |

PILA P03

| | rara1 | rara2 | rara3 | rara4 | combinazione | | rara7 | rara8 | qp1 | qp2 | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|---|
| | | | | | rara5 | rara6 | | | | | | | |
| Sollecitazioni agenti | | | | | | | | | | | | | |
| N | = | 15879 | 15720 | 15879 | 15719 | 10672 | 10513 | 10672 | 10512 | 12904 | 12771 | kN | sforzo assiale |
| M _x | = | 9286 | 8308 | 1181 | 203 | -1421 | -2400 | -9526 | -10505 | 1098 | 282 | kNm | momento flettente trasversale |
| M _y | = | 1466 | 532 | 1239 | 305 | 1461 | 527 | 1234 | 301 | 1273 | 494 | kNm | momento flettente longitudinale |
| Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio | | | | | | | | | | | | | |
| σ _{c,max} | = | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 13.07 | 13.07 | [MPa] | massima tensione del cls da normativa |
| σ _{c,Sd} | = | 3.21 | - | - | - | - | - | - | 2.75 | 1.70 | - | [MPa] | tensione di calcolo del cls in esercizio |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | |
| Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio | | | | | | | | | | | | | |
| σ _{s,max} | = | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | | | [MPa] | massima tensione dell'acciaio normativa |
| σ _{s,Sd} | = | - | - | - | - | - | - | - | 12.05 | | | [MPa] | tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | | | |

PILA P04

| | rara1 | rara2 | rara3 | rara4 | combinazione | | rara7 | rara8 | qp1 | qp2 | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| | | | | | rara5 | rara6 | | | | | | | |
| Sollecitazioni agenti | | | | | | | | | | | | | |
| N | = | 15488 | 14522 | 15488 | 14522 | 10595 | 9630 | 10595 | 9630 | 12634 | 11829 | kN | sforzo assiale |
| M _x | = | 7810 | 7098 | 1424 | 712 | -2120 | -2832 | -8506 | -9218 | 815 | 222 | kNm | momento flettente trasversale |
| M _y | = | 2613 | 29 | 2116 | -468 | 2602 | 18 | 2105 | -479 | 2144 | -9 | kNm | momento flettente longitudinale |
| Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio | | | | | | | | | | | | | |
| σ _{c,max} | = | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 17.43 | 13.07 | 13.07 | [MPa] | massima tensione del cls da normativa |
| σ _{c,Sd} | = | 3.24 | - | - | - | - | - | - | 2.49 | 1.83 | - | [MPa] | tensione di calcolo del cls in esercizio |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | |
| Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio | | | | | | | | | | | | | |
| σ _{s,max} | = | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | | | [MPa] | massima tensione dell'acciaio normativa |
| σ _{s,Sd} | = | - | - | - | - | - | - | - | 9.40 | | | [MPa] | tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio |
| | | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK | | | | |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 55 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

5 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

Le pile del viadotto in questione, vista la notevole altezza, rientrano nella classe degli elementi strutturali snelli. Per la verifica di stabilità degli elementi snelli, nel punto 4.1.2.1.7.2 le NTC consentono l'utilizzo di metodi algebrici. In particolare, gli effetti del secondo ordine sono stati analizzati facendo riferimento alle norme UNI EN 1992-1-1:2005 e in particolare al metodo basato sulla "curvatura nominale" riportato al punto 5.8 della norma succitata. Nelle sezioni successive si illustra brevemente il metodo di verifica utilizzato nonché il dettaglio dei calcoli di verifica eseguiti.

5.1 METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

Il metodo è adatto in primo luogo per elementi isolati con forza normale costante (cautelativamente si è assunto lo sforzo di compressione al piede della pila) e una lunghezza libera di inflessione l_0 definita come nei paragrafi successivi. Il metodo dà un momento del secondo ordine nominale in funzione dell'inflessione della pila, a sua volta dipendente dalla snellezza della pila stessa e della curvatura massima stimata. Il momento di progetto risultante è utilizzato per il calcolo di sezioni trasversali con riferimento al momento flettente e alla forza assiale.

5.1.1 Valutazione della snellezza

Gli effetti del secondo ordine possono essere trascurati se la snellezza λ è al di sotto di un certo valore λ_{lim} . Il valore raccomandato viene calcolato come di seguito indicato

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n}$$

dove:

$$A = 1 / (1 + 0,2 \varphi_{ef}) \text{ (se } \varphi_{ef} \text{ non è noto, si può adottare } A = 0,7\text{);}$$

$$B = \sqrt{1 + 2\omega} \text{ (se } \omega \text{ non è noto, si può adottare } B = 1,1\text{);}$$

$$C = 1,7 - r_m \text{ (se } r_m \text{ non è noto, si può adottare } C = 0,7\text{);}$$

φ_{ef} è il coefficiente efficace di viscosità; vedere punto 5.8.4;

$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd}); \text{ rapporto meccanico di armatura;}$$

A_s è l'area totale dell'armatura longitudinale;

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}); \text{ forza assiale adimensionale;}$$

$$r_m = M_{01} / M_{02}; \text{ rapporto tra i momenti;}$$

M_{01}, M_{02} sono i momenti del primo ordine alle estremità, $|M_{02}| \geq |M_{01}|$.

Se i momenti finali M_{01} e M_{02} provocano trazione sullo stesso lato, si raccomanda che r_m sia assunto positivo (cioè $C \leq 1,7$), in caso contrario negativo (cioè $C > 1,7$).

Nei casi seguenti, si raccomanda che r_m sia assunto pari a 1,0 (cioè $C = 0,7$):

- per telai a nodi fissi soggetti solo a momenti del primo ordine o a momenti dovuti prevalentemente ad imperfezioni o a carico trasversale;
- per telai a nodi mobili in generale.

Mentre la snellezza di calcolo l_0 può essere valutata come segue:

$$\lambda = l_0 / i$$

dove:

l_0 è la lunghezza libera d'inflessione

i è il raggio d'inerzia della sezione di calcestruzzo non fessurato.

Ipotizzando per le pile in esame, sia in direzione trasversale, sia in direzione longitudinale, uno schema di trave incastrata alla base e libera in sommità, è stata assunta una lunghezza libera di inflessione pari a $l_0=2l$.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 56 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

5.1.2 Viscosità

L'effetto della viscosità deve essere tenuto in conto nell'analisi al secondo ordine, con particolare riferimento sia alle condizioni generali di viscosità, sia alla durata dei diversi carichi nelle combinazioni di carico considerate. La durata di applicazione dei carichi può essere presa in considerazione in modo semplificato adottando un coefficiente efficace di viscosità φ_{ef} , il quale, utilizzato insieme al carico di progetto, dà una deformazione viscosa (curvatura) corrispondente al carico quasi-permanente:

$$\varphi_{ef} = \varphi_{(\infty, t_0)} \cdot M_{0Eqp} / M_{0Ed}$$

dove:

$\varphi_{(\infty, t_0)}$ è il coefficiente finale di viscosità

M_{0Eqp} è il momento flettente del primo ordine sotto la combinazione di carico quasi-permanente (SLE);

M_{0Ed} è il momento flettente del primo ordine sotto la combinazione di carico di progetto (SLU).

Secondo quanto prescritto al punto 5.8.4.4 è stato assunto un valore di $\varphi_{(\infty, t_0)} = 2$.

5.1.3 Momenti flettenti

Si riporta per esteso quanto descritto al punto 5.8.8.2 dell'eurocodice 2 per i momenti flettenti:

| | |
|---------|--|
| 5.8.8.2 | <p>Momenti flettenti</p> <p>(1) Il momento di progetto è:</p> $M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2 \quad (5.31)$ <p>dove:</p> <p>M_{0Ed} è il momento del primo ordine, che tiene conto dell'effetto delle imperfezioni, vedere anche punto 5.8.8.2 (2);</p> <p>M_2 è il momento del secondo ordine nominale, vedere punto 5.8.8.2 (3).</p> <p>Il valore massimo di M_{Ed} è dato dalle distribuzioni di M_{0Ed} e M_2; quest'ultimo può essere preso come parabolico oppure sinusoidale sulla lunghezza libera d'inflessione.</p> <p>Nota Nel caso di elementi iperstatici, M_{0Ed} è determinato per le condizioni reali di vincolo, mentre M_2 dipenderà dalle condizioni di vincolo attraverso la lunghezza libera d'inflessione, vedere punto 5.8.8.1 (1).</p> <p>(2) Momenti diversi del primo ordine alle estremità M_{01} e M_{02} possono essere sostituiti con un momento del primo ordine equivalente di estremità M_{0e}:</p> $M_{0e} = 0,6 M_{02} + 0,4 M_{01} \geq 0,4 M_{02} \quad (5.32)$ <p>M_{01} e M_{02} dovrebbero avere lo stesso segno se essi provocano trazione sullo stesso lato, altrimenti segni opposti. Inoltre, $M_{02} \geq M_{01}$.</p> <p>(3) Il momento nominale del secondo ordine M_2 nell'espressione (5.31) è</p> $M_2 = N_{Ed} e_2 \quad (5.33)$ <p>dove:</p> <p>N_{Ed} è il valore di progetto della forza assiale;</p> <p>e_2 è l'inflessione = $(1/r) l_0^2 / c$;</p> <p>$1/r$ è la curvatura, vedere punto 5.8.8.3;</p> <p>l_0 è la lunghezza libera d'inflessione, vedere punto 5.8.3.2;</p> <p>c è un fattore che dipende dalla distribuzione della curvatura, vedere punto 5.8.8.2 (4).</p> <p>(4) Nel caso di sezione trasversale costante, si utilizza generalmente $c = 10 (\approx \pi^2)$. Se il momento del primo ordine è costante, si raccomanda di utilizzare un valore minore (8 è un limite inferiore, che corrisponde a momento totale costante).</p> <p>Nota Il valore π^2 corrisponde ad una distribuzione di curvatura sinusoidale. Il valore per una curvatura costante è 8. Si noti che c dipende dalla distribuzione della curvatura totale, mentre c_0 nel punto 5.8.7.3 (2) dipende soltanto dalla curvatura corrispondente al momento del primo ordine.</p> |
|---------|--|

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 57 di 95 |
| | Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

5.1.4 Curvatura

Si riporta per esteso quanto descritto al punto 5.8.8.3 dell'eurocodice 2 per la valutazione della curvatura nominale:

5.8.8.3

Curvatura

- (1) Nel caso di elementi con sezioni trasversali simmetriche (comprese le armature), si può utilizzare la seguente relazione:

$$1/r = K_r \cdot K_\varphi \cdot 1/r_0 \quad (5.34)$$

dove:

K_r è un coefficiente correttivo che dipende dal carico assiale, vedere punto 5.8.8.3 (3);

K_φ è un coefficiente per tener conto della viscosità, vedere punto 5.8.8.3 (4);

$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 d)$;

$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$;

d è l'altezza utile; vedere anche punto 5.8.8.3 (2).

- (2) Se le armature non sono tutte concentrate su lati opposti, ma parte di esse è distribuita parallelamente al piano d'inflessione, d è definito come

$$d = (h/2) + i_s \quad (5.35)$$

dove i_s è il raggio d'inerzia dell'area totale delle armature.

- (3) Nell'espressione (5.34) si dovrebbe adottare K_r pari a:

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \leq 1 \quad (5.36)$$

dove:

$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd})$, forza assiale adimensionale;

N_{Ed} è il valore di progetto della forza assiale;

$n_u = 1 + \omega$;

n_{bal} è il valore di n corrispondente al massimo valore del momento resistente; si può adottare il valore 0,4;

$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd})$;

A_s è l'area totale delle armature;

A_c è l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

- (4) Si raccomanda che l'effetto della viscosità sia tenuto in conto attraverso il seguente coefficiente:

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} \geq 1 \quad (5.37)$$

dove:

φ_{ef} è il coefficiente efficace di viscosità, vedere punto 5.8.4;

$\beta = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda/150$;

l è la snellezza, vedere punto 5.8.3.1.

5.1.5 Flessione deviata

Il metodo descritto precedentemente può essere utilizzato anche nel caso di presso-flessione deviata. In una prima fase si effettuano calcoli separati – a presso-flessione retta – per ciascuna delle direzioni principali. Si tiene conto delle imperfezioni soltanto nella direzione nella quale esse provocano l'effetto più sfavorevole. Nel punto 5.8.9 l'EN 1992 prescrive la verifica a presso-flessione deviata solo nel caso in cui non siano rispettate le seguenti limitazioni:

Nessun'altra verifica è necessaria se i rapporti di snellezza soddisfano le due condizioni seguenti:

$$\lambda_y / \lambda_z \leq 2 \text{ e } \lambda_z / \lambda_y \leq 2 \quad (5.38a)$$

e se le eccentricità relative e_y/h e e_z/b (vedere figura 5.7) soddisfano una delle seguenti condizioni:

$$\frac{e_y/h_{eq}}{e_z/b_{eq}} \leq 0,2 \text{ oppure } \frac{e_z/b_{eq}}{e_y/h_{eq}} \leq 0,2 \quad (5.38b)$$

dove:

b, h sono la larghezza e l'altezza della sezione;

$b_{eq} = i_y \cdot \sqrt{12}$ e $h_{eq} = i_z \cdot \sqrt{12}$ per una sezione rettangolare equivalente;

λ_y, λ_z sono le snellezze l_0 / i rispettivamente secondo gli assi y e z ;

i_y, i_z sono i raggi d'inerzia rispettivamente secondo gli assi y e z ;

$e_z = M_{Edy} / N_{Ed}$; eccentricità lungo l'asse z ;

$e_y = M_{Edz} / N_{Ed}$; eccentricità lungo l'asse y ;

M_{Edy} è il momento di progetto che include il momento di inerzia lungo l'asse y ;

M_{Edz} è il momento di progetto che include il momento di inerzia lungo l'asse z ;

N_{Ed} è il valore di progetto del carico assiale nella rispettiva combinazione di carico.

Nel caso in cui queste limitazioni non siano rispettate occorre verificare la presso-flessione deviata secondo le indicazioni del punto 5.8.9.4:

Se la condizione dell'espressione (5.38) non è soddisfatta, si raccomanda di tener conto della flessione deviata compresi gli effetti del secondo ordine in ogni direzione [a meno che essi non possano essere trascurati secondo i punti 5.8.2 (6) o 5.8.3]. In assenza di un calcolo accurato della sezione trasversale per flessione deviata, si può utilizzare il seguente criterio semplificato:

$$\left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} \right)^a + \left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} \right)^a \leq 1,0 \quad (5.39)$$

dove:

$M_{Edz/y}$ è il momento di progetto intorno all'asse considerato, comprendente un momento nominale del secondo ordine;

$M_{Rdz/y}$ è il momento resistente nella direzione considerata;

a è l'esponente;

per sezioni circolari ed ellittiche: $a = 2$

per sezioni rettangolari:

| | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|
| N_{Ed}/N_{Rd} | 0,1 | 0,7 | 1,0 |
| $a =$ | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

con interpolazione lineare per valori intermedi;

N_{Ed} è il valore di progetto della forza assiale;

$N_{Rd} = A_c f_{cd} + A_S f_{yd}$, valore di progetto della forza normale resistente:

dove:

A_c è l'area lorda della sezione di calcestruzzo,

A_S è l'area delle armature longitudinali.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 59 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

5.2 VERIFICA ALL'INSTABILITÀ

Le verifiche per le pile sono state condotte secondo quanto descritto ai paragrafi precedente. In particolare si è fatto riferimento a n. 3 condizioni di sollecitazione:

- sforzo normale massimo ($N_{x,max}$);
- momento trasversale massimo ($M_{x,max}$);
- momento longitudinale massimo ($M_{y,max}$).

La sezione critica analizzata per le verifiche è quella di attacco fondazione pila. La verifica è stata condotta considerando il momento di calcolo M_{ed} amplificato degli effetti del secondo ordine in base al metodo della curvatura nominale. La verifica di resistenza è stata sempre condotta in presso-flessione deviata. Si distinguono però due casi:

1. la limitazione al punto 5.8.9.3 EN 1992 è rispettata: si considera il momento di calcolo amplificato degli effetti del secondo ordine solo nella direzione più gravosa;
2. la limitazione al punto 5.8.9.3 EN 1992 non è rispettata: si considerano i momenti di calcolo amplificati degli effetti del secondo ordine in entrambe le direzioni.

5.2.1 Verifica di resistenza per l'instabilità. Momenti di calcolo al secondo ordine

In questo paragrafo riportiamo i fogli di calcolo dove sono stati determinati i momenti di progetto M_{ed} amplificati degli effetti del secondo ordine. In tali fogli sono anche contenute le verifiche di resistenza all'instabilità. I momenti resistenti a flessione retta o presso-flessione retta sono sempre determinati col programma di calcolo VCSLU (come già illustrato per le verifiche di resistenza a presso-flessione deviata nei paragrafi precedenti).

Nelle figure seguenti sono riportate le verifiche di resistenza a presso-flessione per le pile del viadotto. Le verifiche sono state condotte con l'ausilio del programma V.C.A.S.L.U. così come già illustrato nel paragrafo per le verifiche di resistenza. Nel caso in cui è stato necessario condurre la verifica a presso-flessione deviata secondo il punto 5.8.9.4 EN 1992 in questi fogli è presente anche tale verifica.

Si fa notare che, nella combinazione che massimizza lo sforzo assiale, la verifica è stata condotta in entrambe le direzioni principali.

PILA P01

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

| PILA P01 | | | | | |
|------------------------------------|-----------|---------|---------|-----------------|--|
| | Nmax | Mx,max | My,max | | |
| R_{ck} | = 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| γ_c | = 1.50 | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{cm} | = 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa | resistenza cilindrica media |
| E_{cm} | = 32588 | 32588 | 32588 | MPa | modulo elastico istantaneo |
| f_{yk} | = 450.00 | 450.00 | 450.00 | MPa | tensione caratteristica di snervamento acciaio |
| γ_s | = 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente di sicurezza |
| f_{yd} | = 391 | 391 | 391 | MPa | tensione di snervamento di calcolo acciaio |
| E_s | = 206000 | 206000 | 206000 | MPa | modulo elastico acciaio |
| ϵ_{yd} | = 0.00190 | 0.00190 | 0.00190 | | deformazione allo snervamento di calcolo |
| Geometria elemento | | | | | |
| d_x | = 2.45 | 2.45 | 2.45 | m | altezza utile longitudinale |
| d_y | = 3.95 | 3.95 | 3.95 | m | altezza utile trasversale |
| A_c | = 8.88 | 8.88 | 8.88 | m ² | area sezione trasversale |
| L | = 8.26 | 8.26 | 8.26 | m | altezza elemento |
| J_x | = 10.96 | 10.96 | 10.96 | m ⁴ | momento d'inerzia trasversale |
| J_y | = 4.02 | 4.02 | 4.02 | m ⁴ | momento d'inerzia longitudinale |
| i_x | = 0.67 | 0.67 | 0.67 | m ² | raggio d'inerzia longitudinale |
| i_y | = 1.11 | 1.11 | 1.11 | m ² | raggio d'inerzia trasversale |
| A_s | = 20420 | 20420 | 20420 | mm ² | area armatura longitudinale totale disposta nella sezione |
| ω | = 0.05 | 0.05 | 0.05 | | rapporto meccanico di armatura |
| α_x | = 2.00 | 2.00 | 2.00 | | coefficiente di vincolo longitudinale |
| α_y | = 2.00 | 2.00 | 2.00 | | coefficiente di vincolo trasversale |
| L_{0x} | = 16.52 | 16.52 | 16.52 | m | lunghezza libera d'inflessione longitudinale |
| L_{0y} | = 16.52 | 16.52 | 16.52 | m | lunghezza libera d'inflessione trasversale |
| λ_x | = 24.55 | 24.55 | 24.55 | | snellezza longitudinale |
| λ_y | = 14.87 | 14.87 | 14.87 | | snellezza trasversale |
| λ | = 24.55 | 24.55 | 24.55 | | snellezza massima |
| Valutazione della snellezza limite | | | | | |
| A | = 0.70 | 0.70 | 0.70 | | |
| B | = 1.05 | 1.05 | 1.05 | | coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura |
| C | = 0.70 | 0.70 | 0.70 | | coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto) |
| n | = 0.1393 | 0.1312 | 0.0786 | | forza assiale adimensionale |
| λ_{lim} | = 27.66 | 28.49 | 36.83 | | snellezza limite |

| | | | | | |
|---|---------------|-----------------|-----------------|----------------|--|
| ϑ_0 | = | 0.005 | 0.005 | 0.005 | |
| α_h | = | 0.70 | 0.70 | 0.70 | |
| α_m | = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| ϑ_1 | = | 0.00348 | 0.00348 | 0.00348 | |
| e_{ix} | = | 0.03 | 0.03 | 0.03 | m eccentricità aggiuntiva longitudinale |
| e_{iy} | = | 0.03 | 0.03 | 0.03 | m eccentricità aggiuntiva trasversale |
| Sollecitazioni | | | | | |
| N_{Ed} | = | 20361.2 | 19184.0 | 11484.1 | kN sforzo normale di calcolo |
| $M_{1,x}$ | = | 11243.6 | 15685.4 | 1864.4 | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{2,x}$ | = | 11243.6 | 15685.4 | 1864.4 | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{1,y}$ | = | 0.0 | 0.0 | 0.0 | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{2,y}$ | = | 2218.9 | 2218.7 | 8005.2 | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{01,x}$ | = | 11829 | 16237 | 2194 | minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{02,x}$ | = | 11829 | 16237 | 2194 | massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{01,y}$ | = | 585.19 | 551.35 | 330.06 | minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{02,y}$ | = | 2804.09 | 2770.00 | 8335.21 | massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{0Ed,x}$ | = | 11828.8 | 16236.7 | 2194.5 | kN momento flettente di calcolo trasversale equivalente |
| $M_{0Ed,y}$ | = | 1916.5 | 1882.5 | 5133.1 | kN momento flettente di calcolo longitudinale equivalente |
| Buckling | | | | | |
| η_u | = | 1.0547 | 1.0547 | 1.0547 | |
| η_{bal} | = | 0.40 | 0.40 | 0.40 | |
| K_r | = | 1.000 | 1.000 | 1.000 | coefficiente correttivo funzione del carico assiale |
| $\varphi(\infty, t_0)$ | = | 2 | 2 | 2 | coefficiente di viscosità a tempo infinito |
| c | = | 9.87 | 9.87 | 9.87 | fattore funzione della distribuzione della curvatura |
| Buckling longitudinale | | | | | |
| M_{SLE}/M_{SLU} | = | 0.74 | 0.74 | 0.74 | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,x}$ | = | 1.4815 | 1.4815 | 1.4815 | coefficiente di viscosità efficace |
| β_x | = | 0.332 | 0.332 | 0.332 | |
| $K_{\varphi x}$ | = | 1.491205533 | 1.491205533 | 1.491205533 | coefficiente che tiene conto della viscosità |
| $(1/r_0)_x$ | = | 0.0017 | 0.0017 | 0.0017 | |
| $(1/r)_x$ | = | 0.0026 | 0.0026 | 0.0026 | curvatura longitudinale |
| e_{2x} | = | 0.071 | 0.071 | 0.071 | m inflessione longitudinale |
| M_{2y} | = | 1446.5 | 1362.9 | 815.9 | kNm momento nominale del 2° ordine longitudinale |
| M_{Edy} | = | 3363.1 | 3245.5 | 5949.0 | kNm momento di progetto longitudinale |
| Buckling trasversale | | | | | |
| M_{SLE}/M_{SLU} | = | 0.74 | 0.74 | 0.74 | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,y}$ | = | 1.4815 | 1.4815 | 1.4815 | coefficiente di viscosità efficace |
| β_y | = | 0.396 | 0.396 | 0.396 | |
| $K_{\varphi y}$ | = | 1.587 | 1.587 | 1.587 | |
| $(1/r_0)_y$ | = | 0.001 | 0.001 | 0.001 | curvatura trasversale |
| $(1/r)_y$ | = | 0.002 | 0.002 | 0.002 | curvatura trasversale |
| e_{2y} | = | 0.047 | 0.047 | 0.047 | m inflessione trasversale |
| M_{2x} | = | 954.8 | 899.6 | 538.5 | kNm momento nominale del 2° ordine trasversale |
| M_{Edx} | = | 12783.5 | 17136.3 | 2733.0 | kNm momento di progetto trasversale |
| Buckling flessione deviata - verifica geometrica | | | | | |
| $\lambda_{max}/\lambda_{min}$ | = | 1.65 | 1.65 | 1.65 | rapporto di snellezza massimo (se <=2 sufficiente verifica a flessione semplice) |
| $b_{x,eq}$ | = | 2.33 | 2.33 | 2.33 | m dimensione longitudinale equivalente |
| $b_{y,eq}$ | = | 3.85 | 3.85 | 3.85 | m dimensione trasversale equivalente |
| e_x | = | 0.07 | 0.07 | 0.42 | m eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_y | = | 0.55 | 0.82 | 0.16 | m eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_{x0} | = | 0.094 | 0.098 | 0.447 | m eccentricità longitudinale |
| e_{y0} | = | 0.58 | 0.85 | 0.19 | m eccentricità trasversale |
| e/b | = | 0.10 | 0.07 | 1.42 | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti |
| $(e/b)_x$ | = | 0.10 | 0.07 | 1.67 | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali |
| $(e/b)_y$ | = | 0.07 | 0.05 | 1.33 | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali |
| Buckling flessione deviata - verifica semplificata | | | | | |
| N_{Rd} | = | - | - | 154170 | kN forza nominale resistente |
| a | = | - | - | 1.00 | esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione |
| N_{Ed} | = | - | - | 11484 | kN sforzo normale di calcolo |
| M_{Rdx} | = | - | - | 35010 | kNm momento resistente trasversale per pressoflessione retta |
| M_{Rdy} | = | - | - | 21944 | kNm momento resistente longitudinale per pressoflessione retta |
| check | = | - | - | 0.349 | se <1 verifica soddisfatta |
| PressoFlessione Retta | | | | | |
| Comb. | | | | | |
| $N_{max} - M_{Edy}$ | N_{Ed} [kN] | M_{Edy} [kNm] | M_{Rdy} [kNm] | FS | |
| | 20361 | 3363 | 30268 | ok | 9.00 |
| $N_{max} - M_{Edx}$ | N_{Ed} [kN] | M_{Edx} [kNm] | M_{Rdx} [kNm] | FS | |
| | 20361 | 12784 | 48083 | ok | 3.76 |
| M_{EdxMax} | N_{Ed} [kN] | $M_{Edx,max}$ | M_{Rdx} [kNm] | FS | |
| | 19184 | 17136 | 46643 | ok | 2.72 |
| M_{EdyMax} | N_{Ed} [kN] | $M_{Edy,max}$ | M_{Rdy} [kNm] | FS | |
| | deviata | deviata | deviata | deviata | deviata |

PILA P02

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE
PILA P01

| | Nmax | Mx,max | My,max | | |
|------------------------------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|--|
| R_{ck} | = 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| γ_c | = 1.50 | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{cm} | = 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa | resistenza cilindrica media |
| E_{cm} | = 32588 | 32588 | 32588 | MPa | modulo elastico istantaneo |
| f_{yk} | = 450.00 | 450.00 | 450.00 | MPa | tensione caratteristica di snervamento acciaio |
| γ_s | = 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente di sicurezza |
| f_{yd} | = 391 | 391 | 391 | MPa | tensione di snervamento di calcolo acciaio |
| E_s | = 206000 | 206000 | 206000 | MPa | modulo elastico acciaio |
| ϵ_{yd} | = 0.00190 | 0.00190 | 0.00190 | | deformazione allo snervamento di calcolo |
| Geometria elemento | | | | | |
| d_x | = 2.45 | 2.45 | 2.45 | m | altezza utile longitudinale |
| d_y | = 3.95 | 3.95 | 3.95 | m | altezza utile trasversale |
| A_c | = 8.88 | 8.88 | 8.88 | m ² | area sezione trasversale |
| L | = 11.86 | 11.86 | 11.86 | m | altezza elemento |
| J_x | = 10.96 | 10.96 | 10.96 | m ⁴ | momento d'inerzia trasversale |
| J_y | = 4.02 | 4.02 | 4.02 | m ⁴ | momento d'inerzia longitudinale |
| i_x | = 0.67 | 0.67 | 0.67 | m ² | raggio d'inerzia longitudinale |
| i_y | = 1.11 | 1.11 | 1.11 | m ² | raggio d'inerzia trasversale |
| A_s | = 20420 | 20420 | 20420 | mm ² | area armatura longitudinale totale disposta nella sezione |
| ω | = 0.05 | 0.05 | 0.05 | | rapporto meccanico di armatura |
| α_x | = 2.00 | 2.00 | 2.00 | | coefficiente di vincolo longitudinale |
| α_y | = 2.00 | 2.00 | 2.00 | | coefficiente di vincolo trasversale |
| L_{0x} | = 23.72 | 23.72 | 23.72 | m | lunghezza libera d'inflessione longitudinale |
| L_{0y} | = 23.72 | 23.72 | 23.72 | m | lunghezza libera d'inflessione trasversale |
| λ_x | = 35.25 | 35.25 | 35.25 | | snellezza longitudinale |
| λ_y | = 21.35 | 21.35 | 21.35 | | snellezza trasversale |
| λ | = 35.25 | 35.25 | 35.25 | | snellezza massima |
| Valutazione della snellezza limite | | | | | |
| A | = 0.70 | 0.70 | 0.70 | | |
| B | = 1.05 | 1.05 | 1.05 | | coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura |
| C | = 0.70 | 0.70 | 0.70 | | coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto) |
| n | = 0.1502 | 0.1344 | 0.0847 | | forza assiale adimensionale |
| λ_{lim} | = 26.63 | 28.15 | 35.46 | | snellezza limite |
| ϑ_D | = 0.005 | 0.005 | 0.005 | | |
| α_h | = 0.67 | 0.67 | 0.67 | | |
| α_m | = 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| ϑ_i | = 0.00333 | 0.00333 | 0.00333 | | |
| e_{ix} | = 0.04 | 0.04 | 0.04 | m | eccentricità aggiuntiva longitudinale |
| e_{iy} | = 0.04 | 0.04 | 0.04 | m | eccentricità aggiuntiva trasversale |
| Sollecitazioni | | | | | |
| N_{Ed} | = 21958.8 | 19653.7 | 12384.2 | kN | sfuerzo normale di calcolo |
| $M_{1,x}$ | = 13848.3 | 18916.9 | 2477.9 | | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{2,x}$ | = 13848.3 | 18916.9 | 2477.9 | | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{1,y}$ | = 0.0 | 0.0 | 0.0 | | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{2,y}$ | = 1594.8 | 1646.1 | 12014.7 | | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{01,x}$ | = 14716 | 19694 | 2968 | | minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{02,x}$ | = 14716 | 19694 | 2968 | | massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{01,y}$ | = 868.11 | 776.98 | 489.59 | | minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{02,y}$ | = 2462.86 | 2423.12 | 12504.29 | | massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{0Ed,x}$ | = 14716.4 | 19693.9 | 2967.5 | kN | momento flettente di calcolo trasversale equivalente |
| $M_{0Ed,y}$ | = 1825.0 | 1764.7 | 7698.4 | kN | momento flettente di calcolo longitudinale equivalente |
| Buckling | | | | | |
| η_u | = 1.0547 | 1.0547 | 1.0547 | | |
| η_{bal} | = 0.40 | 0.40 | 0.40 | | |
| K_r | = 1.000 | 1.000 | 1.000 | | coefficiente correttivo funzione del carico assiale |
| $\varphi(\infty, t_0)$ | = 2 | 2 | 2 | | coefficiente di viscosità a tempo infinito |
| c | = 9.87 | 9.87 | 9.87 | | fattore funzione della distribuzione della curvatura |
| Buckling longitudinale | | | | | |
| M_{SLE}/M_{SLU} | = 0.74 | 0.74 | 0.74 | | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,x}$ | = 1.4815 | 1.4815 | 1.4815 | | coefficiente di viscosità efficace |
| β_x | = 0.260 | 0.260 | 0.260 | | |
| $K_{\varphi x}$ | = 1.385516257 | 1.385516257 | 1.385516257 | | coefficiente che tiene conto della viscosità |
| $(1/r_0)_x$ | = 0.0017 | 0.0017 | 0.0017 | | |
| $(1/r)_x$ | = 0.0024 | 0.0024 | 0.0024 | | curvatura longitudinale |
| e_{2x} | = 0.136 | 0.136 | 0.136 | m | inflessione longitudinale |
| M_{2y} | = 2988.3 | 2674.6 | 1685.3 | kNm | momento nominale del 2° ordine longitudinale |
| M_{Edy} | = 4813.2 | 4439.2 | 9383.7 | kNm | momento di progetto longitudinale |
| Buckling trasversale | | | | | |
| M_{SLE}/M_{SLU} | = 0.74 | 0.74 | 0.74 | | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,y}$ | = 1.4815 | 1.4815 | 1.4815 | | coefficiente di viscosità efficace |
| β_y | = 0.353 | 0.353 | 0.353 | | |
| $K_{\varphi y}$ | = 1.523 | 1.523 | 1.523 | | |

| | | | | | | |
|---|---|---------|---------|--------|-----|--|
| $(1/r_0)_y$ | = | 0.001 | 0.001 | 0.001 | | curvatura trasversale |
| $(1/r)_y$ | = | 0.002 | 0.002 | 0.002 | | curvatura trasversale |
| e_{2y} | = | 0.093 | 0.093 | 0.093 | m | inflessione trasversale |
| M_{2x} | = | 2037.2 | 1823.3 | 1148.9 | kNm | momento nominale del 2° ordine trasversale |
| M_{Edx} | = | 16753.6 | 21517.2 | 4116.5 | kNm | momento di progetto trasversale |
| Buckling flessione deviata - verifica geometrica | | | | | | |
| $\lambda_{y,max}/\lambda_{y,min}$ | = | 1.65 | 1.65 | 1.65 | | rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice) |
| $b_{x,eq}$ | = | 2.33 | 2.33 | 2.33 | m | dimensione longitudinale equivalente |
| $b_{y,eq}$ | = | 3.85 | 3.85 | 3.85 | m | dimensione trasversale equivalente |
| e_x | = | 0.04 | 0.05 | 0.58 | m | eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_y | = | 0.63 | 0.96 | 0.20 | m | eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_{x0} | = | 0.083 | 0.090 | 0.622 | m | eccentricità longitudinale |
| e_{y0} | = | 0.67 | 1.00 | 0.24 | m | eccentricità trasversale |
| e/b | = | 0.08 | 0.05 | 1.57 | | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti |
| $(e/b)_x$ | = | 0.08 | 0.06 | 1.88 | | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali |
| $(e/b)_y$ | = | 0.04 | 0.03 | 1.47 | | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali |
| Buckling flessione deviata - verifica semplificata | | | | | | |
| N_{Rd} | = | - | - | 154170 | kN | forza nominale resistente |
| a | = | - | - | 1.00 | | esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione |
| N_{Ed} | = | - | - | 12384 | kN | sforzo normale di calcolo |
| M_{Rdx} | = | - | - | 36425 | kNm | momento resistente trasversale per pressoflessione retta |
| M_{Rdy} | = | - | - | 22841 | kNm | momento resistente longitudinale per pressoflessione retta |
| check | = | - | - | 0.524 | | se < 1 verifica soddisfatta |
| | | - | - | ok | | |

PressoFlessione Retta

Comb.

| | | | | |
|---------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|
| $N_{max} - M_{Edy}$ | N_{Ed} [kN] | M_{Edy} [kNm] | M_{Rdy} [kNm] | FS |
| | 21959 | 4813 | 31642 | ok 6.57 |
| $N_{max} - M_{Edx}$ | N_{Ed} [kN] | M_{Edx} [kNm] | M_{Rdx} [kNm] | |
| | 21959 | 16754 | 50231 | ok 3.00 |
| M_{EdxMax} | N_{Ed} [kN] | $M_{Edx,max}$ | M_{Rdx} [kNm] | |
| | 19654 | 21517 | 47114 | ok 2.19 |
| M_{EdyMax} | N_{Ed} [kN] | $M_{Edy,max}$ | M_{Rdy} [kNm] | |
| | deviata | deviata | deviata | deviata |

PILA P03

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)

METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

PILA P01

| | | | | | | |
|---|---|---------------|---------------|---------------|-----------------|--|
| R_{ck} | = | 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| γ_c | = | 1.50 | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{cm} | = | 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa | resistenza cilindrica media |
| E_{cm} | = | 32588 | 32588 | 32588 | MPa | modulo elastico istantaneo |
| f_{yk} | = | 450.00 | 450.00 | 450.00 | MPa | tensione caratteristica di snervamento acciaio |
| γ_s | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente di sicurezza |
| f_{yd} | = | 391 | 391 | 391 | MPa | tensione di snervamento di calcolo acciaio |
| E_s | = | 206000 | 206000 | 206000 | MPa | modulo elastico acciaio |
| ϵ_{yd} | = | 0.00190 | 0.00190 | 0.00190 | | deformazione allo snervamento di calcolo |
| Geometria elemento | | | | | | |
| d_x | = | 2.45 | 2.45 | 2.45 | m | altezza utile longitudinale |
| d_y | = | 3.95 | 3.95 | 3.95 | m | altezza utile trasversale |
| A_c | = | 8.88 | 8.88 | 8.88 | m ² | area sezione trasversale |
| L | = | 14.26 | 14.26 | 14.26 | m | altezza elemento |
| J_x | = | 10.96 | 10.96 | 10.96 | m ⁴ | momento d'inerzia trasversale |
| J_y | = | 4.02 | 4.02 | 4.02 | m ⁴ | momento d'inerzia longitudinale |
| i_k | = | 0.67 | 0.67 | 0.67 | m ² | raggio d'inerzia longitudinale |
| i_y | = | 1.11 | 1.11 | 1.11 | m ² | raggio d'inerzia trasversale |
| A_s | = | 20420 | 20420 | 20420 | mm ² | area armatura longitudinale totale disposta nella sezione |
| ω | = | 0.05 | 0.05 | 0.05 | | rapporto meccanico di armatura |
| α_x | = | 2.00 | 2.00 | 2.00 | | coefficiente di vincolo longitudinale |
| α_y | = | 2.00 | 2.00 | 2.00 | | coefficiente di vincolo trasversale |
| L_{0x} | = | 28.52 | 28.52 | 28.52 | m | lunghezza libera d'inflessione longitudinale |
| L_{0y} | = | 28.52 | 28.52 | 28.52 | m | lunghezza libera d'inflessione trasversale |
| λ_x | = | 42.39 | 42.39 | 42.39 | | snellezza longitudinale |
| λ_y | = | 25.67 | 25.67 | 25.67 | | snellezza trasversale |
| λ | = | 42.39 | 42.39 | 42.39 | | snellezza massima |
| Valutazione della snellezza limite | | | | | | |
| A | = | 0.70 | 0.70 | 0.70 | | |
| B | = | 1.05 | 1.05 | 1.05 | | coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura |
| C | = | 0.70 | 0.70 | 0.70 | | coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto) |
| n | = | 0.1556 | 0.1399 | 0.0888 | | forza assiale adimensionale |
| λ_{lim} | = | 26.17 | 27.60 | 34.65 | | snellezza limite |

| | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|----------------|---|
| ρ_0 | = | 0.005 | 0.005 | 0.005 | |
| α_h | = | 0.67 | 0.67 | 0.67 | |
| α_m | = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| ρ_i | = | 0.00333 | 0.00333 | 0.00333 | |
| e_{ix} | = | 0.05 | 0.05 | 0.05 | m eccentricità aggiuntiva longitudinale |
| e_{iy} | = | 0.05 | 0.05 | 0.05 | m eccentricità aggiuntiva trasversale |
| Sollecitazioni | | | | | |
| N_{Ed} | = | 22745.6 | 20445.1 | 12973.5 | kN sforzo normale di calcolo |
| $M_{1,x}$ | = | 14836.1 | 20571.4 | 3044.6 | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{2,x}$ | = | 14836.1 | 20571.4 | 3044.6 | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{1,y}$ | = | 0.0 | 0.0 | 0.0 | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{2,y}$ | = | 2008.0 | 2121.0 | 14616.6 | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{01,x}$ | = | 15917 | 21543 | 3661 | minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{02,x}$ | = | 15917 | 21543 | 3661 | massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{01,y}$ | = | 1081.17 | 971.82 | 616.67 | minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{02,y}$ | = | 3089.13 | 3092.85 | 15233.30 | massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{0Ed,x}$ | = | 15917.3 | 21543.2 | 3661.2 | kN momento flettente di calcolo trasversale equivalente |
| $M_{0Ed,y}$ | = | 2285.9 | 2244.4 | 9386.6 | kN momento flettente di calcolo longitudinale equivalente |
| Buckling | | | | | |
| η_u | = | 1.0547 | 1.0547 | 1.0547 | |
| η_{bal} | = | 0.40 | 0.40 | 0.40 | |
| K_r | = | 1.000 | 1.000 | 1.000 | coefficiente correttivo funzione del carico assiale |
| $\varphi(\infty, t_0)$ | = | 2 | 2 | 2 | coefficiente di viscosità a tempo infinito |
| c | = | 9.87 | 9.87 | 9.87 | fattore funzione della distribuzione della curvatura |
| Buckling longitudinale | | | | | |
| M_{SLE}/M_{SLU} | = | 0.74 | 0.74 | 0.74 | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,x}$ | = | 1.4815 | 1.4815 | 1.4815 | coefficiente di viscosità efficace |
| β_x | = | 0.213 | 0.213 | 0.213 | |
| $K_{\varphi x}$ | = | 1.31505674 | 1.31505674 | 1.31505674 | coefficiente che tiene conto della viscosità |
| $(1/r_0)_x$ | = | 0.0017 | 0.0017 | 0.0017 | |
| $(1/r)_x$ | = | 0.0023 | 0.0023 | 0.0023 | curvatura longitudinale |
| e_{2x} | = | 0.187 | 0.187 | 0.187 | m inflessione longitudinale |
| M_{2y} | = | 4247.3 | 3817.7 | 2422.5 | kNm momento nominale del 2° ordine longitudinale |
| M_{Edy} | = | 6533.2 | 6062.1 | 11809.2 | kNm momento di progetto longitudinale |
| Buckling trasversale | | | | | |
| M_{SLE}/M_{SLU} | = | 0.74 | 0.74 | 0.74 | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,y}$ | = | 1.4815 | 1.4815 | 1.4815 | coefficiente di viscosità efficace |
| β_y | = | 0.324 | 0.324 | 0.324 | |
| $K_{\varphi y}$ | = | 1.480 | 1.480 | 1.480 | |
| $(1/r_0)_y$ | = | 0.001 | 0.001 | 0.001 | curvatura trasversale |
| $(1/r)_y$ | = | 0.002 | 0.002 | 0.002 | curvatura trasversale |
| e_{2y} | = | 0.130 | 0.130 | 0.130 | m inflessione trasversale |
| M_{2x} | = | 2965.1 | 2665.2 | 1691.2 | kNm momento nominale del 2° ordine trasversale |
| M_{Edx} | = | 18882.4 | 24208.4 | 5352.5 | kNm momento di progetto trasversale |
| Buckling flessione deviata - verifica geometrica | | | | | |
| $\lambda_{max}/\lambda_{min}$ | = | 1.65 | 1.65 | 1.65 | rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice) |
| $b_{x,eq}$ | = | 2.33 | 2.33 | 2.33 | m dimensione longitudinale equivalente |
| $b_{y,eq}$ | = | 3.85 | 3.85 | 3.85 | m dimensione trasversale equivalente |
| e_x | = | 0.05 | 0.06 | 0.68 | m eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_y | = | 0.65 | 1.01 | 0.23 | m eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_{x0} | = | 0.101 | 0.110 | 0.724 | m eccentricità longitudinale |
| e_{y0} | = | 0.70 | 1.05 | 0.28 | m eccentricità trasversale |
| e/b | = | 0.09 | 0.06 | 1.55 | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti |
| $(e/b)_x$ | = | 0.09 | 0.07 | 1.87 | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali |
| $(e/b)_y$ | = | 0.05 | 0.04 | 1.45 | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali |
| Buckling flessione deviata - verifica semplificata | | | | | |
| N_{Rd} | = | - | - | 154170 | kN forza nominale resistente |
| a | = | - | - | 1.00 | esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione |
| N_{Ed} | = | - | - | 12974 | kN sforzo normale di calcolo |
| M_{Rdx} | = | - | - | 37342 | kNm momento resistente trasversale per pressoflessione retta |
| M_{Rdy} | = | - | - | 23418 | kNm momento resistente longitudinale per pressoflessione retta |
| check | = | - | - | 0.648 | se < 1 verifica soddisfatta |
| | | | | ok | |

PressoFlessione Retta

Comb.

| $N_{max} - M_{Edy}$ | N_{Ed} [kN] | M_{Edy} [kNm] | M_{Rdy} [kNm] | FS |
|---------------------|---------------|-----------------|-----------------|---------|
| | 22746 | 6533 | 32306 | ok 4.94 |
| $N_{max} - M_{Edx}$ | N_{Ed} [kN] | M_{Edx} [kNm] | M_{Rdx} [kNm] | |
| | 22746 | 18882 | 51265 | ok 2.71 |
| M_{EdxMax} | N_{Ed} [kN] | $M_{Edx,max}$ | M_{Rdx} [kNm] | |
| | 20445 | 24208 | 48197 | ok 1.99 |
| M_{EdyMax} | N_{Ed} [kN] | $M_{Edy,max}$ | M_{Rdy} [kNm] | |
| | deviata | deviata | deviata | deviata |

PILA P04

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE
PILA P01

| | Nmax | Mx,max | My,max | | |
|------------------------------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|--|
| R_{ck} | = 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| γ_c | = 1.50 | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{cm} | = 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa | resistenza cilindrica media |
| E_{cm} | = 32588 | 32588 | 32588 | MPa | modulo elastico istantaneo |
| f_{yk} | = 450.00 | 450.00 | 450.00 | MPa | tensione caratteristica di snervamento acciaio |
| γ_s | = 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente di sicurezza |
| f_{yd} | = 391 | 391 | 391 | MPa | tensione di snervamento di calcolo acciaio |
| E_s | = 206000 | 206000 | 206000 | MPa | modulo elastico acciaio |
| ϵ_{yd} | = 0.00190 | 0.00190 | 0.00190 | | deformazione allo snervamento di calcolo |
| Geometria elemento | | | | | |
| d_x | = 2.45 | 2.45 | 2.45 | m | altezza utile longitudinale |
| d_y | = 3.95 | 3.95 | 3.95 | m | altezza utile trasversale |
| A_c | = 8.88 | 8.88 | 8.88 | m ² | area sezione trasversale |
| L | = 13.06 | 13.06 | 13.06 | m | altezza elemento |
| J_x | = 10.96 | 10.96 | 10.96 | m ⁴ | momento d'inerzia trasversale |
| J_y | = 4.02 | 4.02 | 4.02 | m ⁴ | momento d'inerzia longitudinale |
| i_x | = 0.67 | 0.67 | 0.67 | m ² | raggio d'inerzia longitudinale |
| i_y | = 1.11 | 1.11 | 1.11 | m ² | raggio d'inerzia trasversale |
| A_s | = 20420 | 20420 | 20420 | mm ² | area armatura longitudinale totale disposta nella sezione |
| ω | = 0.05 | 0.05 | 0.05 | | rapporto meccanico di armatura |
| α_x | = 2.00 | 2.00 | 2.00 | | coefficiente di vincolo longitudinale |
| α_y | = 2.00 | 2.00 | 2.00 | | coefficiente di vincolo trasversale |
| L_{0x} | = 26.12 | 26.12 | 26.12 | m | lunghezza libera d'inflessione longitudinale |
| L_{0y} | = 26.12 | 26.12 | 26.12 | m | lunghezza libera d'inflessione trasversale |
| λ_x | = 38.82 | 38.82 | 38.82 | | snellezza longitudinale |
| λ_y | = 23.51 | 23.51 | 23.51 | | snellezza trasversale |
| λ | = 38.82 | 38.82 | 38.82 | | snellezza massima |
| Valutazione della snellezza limite | | | | | |
| A | = 0.70 | 0.70 | 0.70 | | |
| B | = 1.05 | 1.05 | 1.05 | | coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura |
| C | = 0.70 | 0.70 | 0.70 | | coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto) |
| n | = 0.1506 | 0.1360 | 0.0869 | | forza assiale dimensionale |
| λ_{lim} | = 26.60 | 27.99 | 35.02 | | snellezza limite |
| ϑ_0 | = 0.005 | 0.005 | 0.005 | | |
| α_h | = 0.67 | 0.67 | 0.67 | | |
| α_m | = 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| ϑ_1 | = 0.00333 | 0.00333 | 0.00333 | | |
| e_{ix} | = 0.04 | 0.04 | 0.04 | m | eccentricità aggiuntiva longitudinale |
| e_{iy} | = 0.04 | 0.04 | 0.04 | m | eccentricità aggiuntiva trasversale |
| Sollecitazioni | | | | | |
| N_{Ed} | = 2210.3 | 19879.6 | 12699.8 | kN | sforzo normale di calcolo |
| $M_{1,x}$ | = 12606.8 | 17416.3 | 2500.0 | | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{2,x}$ | = 12606.8 | 17416.3 | 2500.0 | | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{1,y}$ | = 0.0 | 0.0 | 0.0 | | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{2,y}$ | = 3392.8 | 3640.2 | 14099.9 | | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{01,x}$ | = 13565 | 18282 | 3053 | | minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{02,x}$ | = 13565 | 18282 | 3053 | | massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{01,y}$ | = 958.18 | 865.42 | 552.86 | | minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{02,y}$ | = 4350.97 | 4505.59 | 14652.72 | | massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{0Ed,x}$ | = 13565.0 | 18281.7 | 3052.8 | kN | momento flettente di calcolo trasversale equivalente |
| $M_{0Ed,y}$ | = 2993.9 | 3049.5 | 9012.8 | kN | momento flettente di calcolo longitudinale equivalente |
| Buckling | | | | | |
| n_u | = 1.0547 | 1.0547 | 1.0547 | | |
| n_{bal} | = 0.40 | 0.40 | 0.40 | | |
| K_r | = 1.000 | 1.000 | 1.000 | | coefficiente correttivo funzione del carico assiale |
| $\varphi(\infty, t_0)$ | = 2 | 2 | 2 | | coefficiente di viscosità a tempo infinito |
| c | = 9.87 | 9.87 | 9.87 | | fattore funzione della distribuzione della curvatura |
| Buckling longitudinale | | | | | |
| M_{SLE}/M_{SLU} | = 0.74 | 0.74 | 0.74 | | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,x}$ | = 1.4815 | 1.4815 | 1.4815 | | coefficiente di viscosità efficace |
| β_x | = 0.236 | 0.236 | 0.236 | | |
| $K_{\varphi x}$ | = 1.350286499 | 1.350286499 | 1.350286499 | | coefficiente che tiene conto della viscosità |
| $(1/r_0)_x$ | = 0.0017 | 0.0017 | 0.0017 | | |
| $(1/r)_x$ | = 0.0023 | 0.0023 | 0.0023 | | curvatura longitudinale |
| e_{2x} | = 0.161 | 0.161 | 0.161 | m | inflessione longitudinale |
| M_{2y} | = 3539.7 | 3197.0 | 2042.4 | kNm | momento nominale del 2° ordine longitudinale |
| M_{Edy} | = 6533.6 | 6246.6 | 11055.2 | kNm | momento di progetto longitudinale |
| Buckling trasversale | | | | | |
| M_{SLE}/M_{SLU} | = 0.74 | 0.74 | 0.74 | | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,y}$ | = 1.4815 | 1.4815 | 1.4815 | | coefficiente di viscosità efficace |
| β_y | = 0.339 | 0.339 | 0.339 | | |
| $K_{\varphi y}$ | = 1.501 | 1.501 | 1.501 | | |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|-------------|-----|---|
| $(1/r_0)_x$ | = | 0.0017 | 0.0017 | 0.0017 | | |
| $(1/r)_x$ | = | 0.0023 | 0.0023 | 0.0023 | | curvatura longitudinale |
| e_{2x} | = | 0.161 | 0.161 | 0.161 | m | inflessione longitudinale |
| M_{2y} | = | 3539.7 | 3197.0 | 2042.4 | kNm | momento nominale del 2° ordine longitudinale |
| M_{Edy} | = | 6533.6 | 6246.6 | 11055.2 | kNm | momento di progetto longitudinale |
| Buckling trasversale | | | | | | |
| M_{SLE}/M_{SLU} | = | 0.74 | 0.74 | 0.74 | | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,y}$ | = | 1.4815 | 1.4815 | 1.4815 | | coefficiente di viscosità efficace |
| β_y | = | 0.339 | 0.339 | 0.339 | | |
| $K_{\varphi y}$ | = | 1.501 | 1.501 | 1.501 | | |
| $(1/r_0)_y$ | = | 0.001 | 0.001 | 0.001 | | curvatura trasversale |
| $(1/r)_y$ | = | 0.002 | 0.002 | 0.002 | | curvatura trasversale |
| e_{2y} | = | 0.111 | 0.111 | 0.111 | m | inflessione trasversale |
| M_{2x} | = | 2441.4 | 2205.0 | 1408.7 | kNm | momento nominale del 2° ordine trasversale |
| M_{Edx} | = | 16006.4 | 20486.8 | 4461.5 | kNm | momento di progetto trasversale |
| Buckling flessione deviata - verifica geometrica | | | | | | |
| $\lambda_{max}/\lambda_{min}$ | = | 1.65 | 1.65 | 1.65 | | rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice) |
| $b_{x,eq}$ | = | 2.33 | 2.33 | 2.33 | m | dimensione longitudinale equivalente |
| $b_{y,eq}$ | = | 3.85 | 3.85 | 3.85 | m | dimensione trasversale equivalente |
| e_x | = | 0.09 | 0.11 | 0.67 | m | eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_y | = | 0.57 | 0.88 | 0.20 | m | eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_{y0} | = | 0.136 | 0.153 | 0.710 | m | eccentricità longitudinale |
| e_{y0} | = | 0.62 | 0.92 | 0.24 | m | eccentricità trasversale |
| e/b | = | 0.13 | 0.10 | 1.79 | | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti |
| $(e/b)_x$ | = | 0.14 | 0.11 | 2.18 | | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali |
| $(e/b)_y$ | = | 0.09 | 0.07 | 1.68 | | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali |
| Buckling flessione deviata - verifica semplificata | | | | | | |
| N_{Rd} | = | - | - | 154170 | kN | forza nominale resistente |
| a | = | - | - | 1.00 | | esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione |
| N_{Ed} | = | - | - | 12700 | kN | sforzo normale di calcolo |
| M_{Rdx} | = | - | - | 36917 | kNm | momento resistente trasversale per pressoflessione retta |
| M_{Rdy} | = | - | - | 23151 | kNm | momento resistente longitudinale per pressoflessione retta |
| check | = | - | - | 0.598 | | se <1 verifica soddisfatta |
| | | - | - | ok | | |

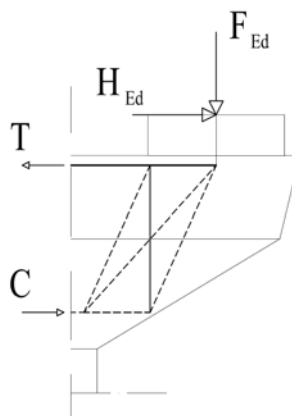
PressoFlessione Retta

Comb.

| | N_{Ed} [kN] | M_{Edy} [kNm] | M_{Rdy} [kNm] | FS |
|---------------------|---------------|-----------------|-----------------|---------|
| $N_{max} - M_{Edy}$ | 22010 | 6534 | 31685 | ok 4.85 |
| $N_{max} - M_{Edx}$ | 22010 | 16006 | 50299 | ok 3.14 |
| M_{EdxMax} | 19880 | 20487 | 47425 | ok 2.31 |
| M_{EdyMax} | deviata | deviata | deviata | deviata |

6 VERIFICA DEL PULVINO

Il dimensionamento dell'armatura del pulvino è stato eseguito ipotizzando un meccanismo resistente tirante-puntone, seguendo le indicazioni dell' EC2.



Tale dimensionamento viene eseguito prendendo a riferimento due distinte condizioni di carico: la prima relativa alla massima azione verticale trasmessa dall'impalcato assieme alla corrispondente azione trasversale; la seconda relativa alla massima azione trasversale ed alla corrispondente azione verticale.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 66 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

RIEPILOGO Pulvini più sollecitati
combinazione

| | | |
|----|---------------|---------------|
| | Nmax | Vmax |
| Fz | 10176 | 9112 |
| V | 358 | 410 |
| | P02-dx | P01-dx |

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

Bridge Cap - Strut & Tie Model

Materiali

| | | | | | |
|----------------------|---|--------------|--------------|-----|---|
| R _{ck} | = | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f _{ck} | = | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f _{cd} | = | 16.5 | 16.5 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f _{yd} | = | 391.3 | 391.3 | MPa | tensione di snervamento di calcolo |
| β ₁ | = | 1.18 | 1.18 | | coefficiente per la resistenza del nodo compresso |
| β ₂ | = | 1.00 | 1.00 | | coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso |
| β ₃ | = | 0.88 | 0.88 | | coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso |
| σ _{1Rd,max} | = | 20.20 | 20.20 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi |
| σ _{2Rd,max} | = | 17.12 | 17.12 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione |
| σ _{3Rd,max} | = | 15.06 | 15.06 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione |

Mensola

| | | | | | |
|-----------------|---|--------|--------|----|--|
| | | P02-dx | P01-dx | | |
| F _{Ed} | = | 10176 | 9112 | kN | azione verticale di calcolo appoggio |
| H _{Ed} | = | 358 | 410 | kN | azione orizzontale di calcolo appoggio |

Geometria

| | | | | | |
|----------------|---|-------------|--------|----|---|
| a _c | = | 1075 | 1075 | mm | distanza asse appoggio estradosso pila |
| B | = | 2500 | 2500 | mm | larghezza pulvino |
| h _c | = | 3200 | 3200 | mm | altezza pulvino |
| c | = | 50 | 50 | mm | copriferro |
| s | = | 60 | 60 | mm | altezza dente estradosso pulvino |
| b ₁ | = | 1100 | 1100 | mm | larghezza baggiolo |
| b ₂ | = | 1100 | 1100 | mm | lunghezza baggiolo |
| b ₃ | = | 300 | 300 | mm | altezza baggiolo |
| d | = | 3150 | 3150 | mm | altezza utile |
| z | = | 2520 | 2520 | mm | braccio della coppia interna |
| x ₁ | = | 201.5 | 180.5 | mm | larghezza biella compressa |
| y ₁ | = | 504.0 | 504.0 | mm | altezza biella compressa |
| a | = | 1175.8 | 1165.2 | mm | distanza tra F _{Ed} e asse larghezza pila collaborante |
| a _H | = | 410 | 410 | mm | distanza tra H _{Ed} e armatura |

Verifiche Puntone-Tirante

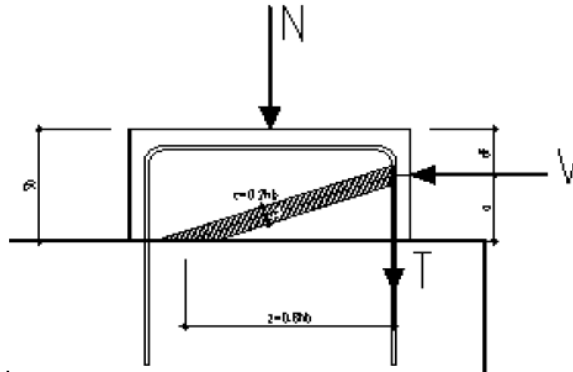
| | | | | | |
|----------------|---|---------------|---------------|-----------------|--------------------------------------|
| C | = | 4806 | 4280 | kN | risultante di compressione |
| T | = | 5164 | 4691 | kN | risultante di trazione |
| σ _c | = | 1.91 | 1.70 | MPa | tensione di compressione nel puntone |
| FS | = | 10.59 | 11.89 | | |
| n | = | 40 | 40 | | numero ferri superiore |
| Ø | = | 24 | 24 | mm | diametro armatura superiore |
| A _s | = | 18095.6 | 18095.6 | mm ² | area armatura superiore |
| σ _s | = | 285.36 | 259.21 | MPa | tensione di trazione nel tirante |
| FS | = | 1.37 | 1.51 | | |

Armatura a Taglio

| | | | | | |
|--------------------|---|---------------|---------------|-----------------|--|
| F _{wd} | = | 3087 | 2775 | kN | disposizione staffe |
| n _w | = | 6 | 6 | | risultante forza di taglio |
| s _w | = | 200 | 200 | mm | numero staffe |
| Ø _w | = | 20 | 20 | mm | passo staffe |
| k ₂ | = | 0.25 | 0.25 | | diametro staffe |
| A _{s,ink} | = | 4523.9 | 4523.9 | mm ² | coefficiente per l'armatura a taglio minima (0.25 se orizzontale 0.5 se verticale) |
| A _{s,w} | = | 11081.3 | 10982.1 | mm ² | armatura minima a taglio |
| σ _s | = | 278.54 | 252.69 | MPa | armatura di progetto |
| FS | = | 1.40 | 1.55 | | tensione di trazione staffe |

6.1 VERIFICA BAGGIOLI

La verifica è condotta considerando un meccanismo resistente tirante-puntone, seguendo le indicazioni dell'EC2, secondo quanto già fatto per il pulvino.



Inoltre, viene effettuata la verifica dell'armatura orizzontale considerando le forze di fenditura secondo quanto indicato nelle raccomandazioni FIP-CEB

Nella verifica della pressione di contatto si può osservare che le pressioni possono raggiungere valori molto elevati, prossimi a quelli della resistenza del calcestruzzo, a patto però che l'area caricata sia opportunamente distanziata dal bordo del calcestruzzo. In tal caso la diffusione del carico all'interno dell'elemento in calcestruzzo genera tensioni di trazione perpendicolari alla direzione del carico e bisogna predisporre un'opportuna armatura. L'armatura può essere calcolata mediante la seguente formulazione (FIP-CEB):

$$T = \frac{N}{3.3} \cdot \left(\frac{b - b_0}{b} \right)$$

in cui:

N = carico concentrato all'appoggio

b = larghezza del baggiolo

b₀ = larghezza dell'appoggio

La verifica viene condotta per l'altezza minima e massima dei baggioli. Di seguito vengono riportati i calcoli eseguiti:

Bridge Cap - Strut & Tie Model

Materiali

| | | | | | |
|----------------------|---|-------|-------|-----|---|
| R _{ck} | = | 45 | 45 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f _{ck} | = | 37.35 | 37.35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f _{cd} | = | 21.2 | 21.2 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f _{yd} | = | 391.3 | 391.3 | MPa | tensione di snervamento di calcolo |
| β ₁ | = | 1.18 | 1.18 | | coefficiente per la resistenza del nodo compresso |
| β ₂ | = | 1.00 | 1.00 | | coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso |
| β ₃ | = | 0.88 | 0.88 | | coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso |
| σ _{1Rd,max} | = | 24.99 | 24.99 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi |
| σ _{2Rd,max} | = | 21.18 | 21.18 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione |
| σ _{3Rd,max} | = | 18.64 | 18.64 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione |

Mensola

| | P02-dx | L_SPB_dx | | |
|-----------------|--------|----------|------|----|
| F _{Ed} | = | 10176 | 4065 | kN |
| H _{Ed} | = | 358 | 432 | kN |

Geometria

| | | | | | | |
|----------------|---|-------|-------|-----|------------------------------|-------------|
| b ₁ | = | 1100 | 1100 | mm | larghezza baggiolo | |
| b ₂ | = | 1100 | 1100 | mm | lunghezza baggiolo | |
| b ₃ | = | 150 | 150 | mm | altezza baggiolo | |
| b ₀ | = | 950 | 950 | mm | larghezza appoggio | |
| c | = | 30 | 30 | mm | copriferro | |
| d | = | 1070 | 1070 | mm | altezza utile | Hmax 430 mm |
| z | = | 856 | 856 | mm | braccio della coppia interna | Hmin 150 mm |
| x ₁ | = | 13.0 | 15.7 | mm | larghezza biella compressa | |
| y ₁ | = | 171.2 | 171.2 | mm | altezza biella compressa | |
| a | = | 156.5 | 157.8 | mm | | |
| α | = | 0.18 | 0.18 | rad | | |

Verifiche Puntone-Tirante

| | | | | | |
|---------------|---|--------|--------|-----------------|--------------------------------------|
| C | = | 364 | 439 | kN | risultante di compressione |
| T | = | 65 | 80 | kN | risultante di trazione |
| σ_c | = | 0.97 | 1.17 | MPa | tensione di compressione nel puntone |
| FS | = | 25.88 | 21.45 | | |
| n | = | 6 | 6 | | numero ferri superiore |
| \varnothing | = | 16 | 16 | mm | diametro armatura superiore |
| A_s | = | 1206.4 | 1206.4 | mm ² | area armatura superiore |
| σ_s | = | 54.22 | 65.97 | MPa | tensione di trazione nel tirante |
| FS | = | 7.22 | 5.93 | | |

Verifiche armatura a fenditura

| | | | | | |
|-----------------|---|--------|--------|-----------------|---|
| T | = | 420 | 168 | kN | risultante forza di taglio |
| A_s | = | 1074.6 | 1074.6 | mm ² | armatura necessaria |
| s | = | 150 | 150 | mm | passo strati |
| n | = | 2 | 2 | | numero strati |
| n | = | 8 | 8 | | numero ferri orizzontali contenuti nello strato |
| \varnothing_w | = | 14 | 14 | mm | diametro ferro orizzontale strato |
| A_{sw} | = | 2463.0 | 2463.0 | mm ² | armatura di progetto |
| FS | = | 2.29 | 2.29 | | |

Bridge Cap - Strut & Tie Model

Materiali

| | | | | | |
|--------------------|---|-------|-------|-----|---|
| R_{ck} | = | 45 | 45 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{ck} | = | 37.35 | 37.35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{cd} | = | 21.2 | 21.2 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{yd} | = | 391.3 | 391.3 | MPa | tensione di snervamento di calcolo |
| β_1 | = | 1.18 | 1.18 | | coefficiente per la resistenza del nodo compresso |
| β_2 | = | 1.00 | 1.00 | | coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso |
| β_3 | = | 0.88 | 0.88 | | coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso |
| $\sigma_{1Rd,max}$ | = | 24.99 | 24.99 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi |
| $\sigma_{2Rd,max}$ | = | 21.18 | 21.18 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione |
| $\sigma_{3Rd,max}$ | = | 18.64 | 18.64 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione |

Mensola

| | | | | | |
|----------|---|--------|----------|----|--|
| | | P02-dx | L_SPB_dx | | |
| F_{Ed} | = | 10176 | 4065 | kN | azione verticale di calcolo appoggio |
| H_{Ed} | = | 358 | 432 | kN | azione orizzontale di calcolo appoggio |

Geometria

| | | | | | | | |
|----------|---|-------|-------|-----|------------------------------|------|--------|
| b_1 | = | 1100 | 1100 | mm | larghezza baggiolo | | |
| b_2 | = | 1100 | 1100 | mm | lunghezza baggiolo | | |
| b_3 | = | 430 | 430 | mm | altezza baggiolo | | |
| b_0 | = | 950 | 950 | mm | larghezza appoggio | | |
| c | = | 30 | 30 | mm | copriferro | Hmax | 430 mm |
| d | = | 1070 | 1070 | mm | altezza utile | Hmin | 150 mm |
| z | = | 856 | 856 | mm | braccio della coppia interna | | |
| x_1 | = | 13.0 | 15.7 | mm | larghezza biella compressa | | |
| y_1 | = | 171.2 | 171.2 | mm | altezza biella compressa | | |
| a | = | 436.5 | 437.8 | mm | | | |
| α | = | 0.47 | 0.47 | rad | | | |

Verifiche Puntone-Tirante

| | | | | | |
|---------------|---|--------|--------|-----------------|--------------------------------------|
| C | = | 402 | 485 | kN | risultante di compressione |
| T | = | 182 | 221 | kN | risultante di trazione |
| σ_c | = | 1.07 | 1.29 | MPa | tensione di compressione nel puntone |
| FS | = | 23.44 | 19.42 | | |
| n | = | 6 | 6 | | numero ferri superiore |
| \varnothing | = | 16 | 16 | mm | diametro armatura superiore |
| A_s | = | 1206.4 | 1206.4 | mm ² | area armatura superiore |
| σ_s | = | 151.22 | 183.00 | MPa | tensione di trazione nel tirante |
| FS | = | 2.59 | 2.14 | | |

Verifiche armatura a fenditura

| | | | | | |
|-----------------|---|--------|--------|-----------------|---|
| T | = | 420 | 168 | kN | risultante forza di taglio |
| A_s | = | 1074.6 | 1074.6 | mm ² | armatura necessaria |
| s | = | 150 | 150 | mm | passo strati |
| n | = | 3 | 3 | | numero strati |
| n | = | 8 | 8 | | numero ferri orizzontali contenuti nello strato |
| \varnothing_w | = | 14 | 14 | mm | diametro ferro orizzontale strato |
| A_{sw} | = | 3694.5 | 3694.5 | mm ² | armatura di progetto |
| FS | = | 3.44 | 3.44 | | |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 69 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

7 DISPOSITIVI ANTISISMICI

Vengono disposti degli isolatori elastomerici con l'obiettivo di migliorare la risposta della struttura in caso di eventi sismici. Essi consentono sostanzialmente di aumentare il periodo proprio della struttura, di sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti, e di contenere lo spostamento orizzontale della struttura isolata. I dispositivi previsti presentano le seguenti caratteristiche:

Dispositivo: SI-N 900/168

| | | | | |
|-----------------|---|--------------|-------|---|
| V | = | 10980 | kN | massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma |
| F _{zd} | = | 21220 | kN | massimo carico verticale allo SLU in esercizio |
| K _e | = | 3.03 | kN/mm | rigidezza orizzontale equivalente |
| K _v | = | 2814 | kN/mm | rigidezza verticale |
| d | = | 300 | mm | massimo spostamento dell'isolatore |
| D _g | = | 0.900 | m | diametro dell'elastomero |
| W | = | 1049 | kg | peso dell'isolatore |

A partire dal modello di calcolo globale sono state determinate le sollecitazioni elementari agenti in fase di sisma (S.L.C.) e statica (S.L.U.) sui singoli isolatori. Si sono poi analizzate tre combinazioni di carico per l'SLU e tre per l'SLC. Le combinazioni prese in considerazioni sono le più gravose e sono caratterizzate dalla seguente matrice di combinazione:

| | Comb_SLC | | | Comb_SLU | | |
|------------|----------|------|------|----------|------|------|
| | SLC1 | SLC2 | SLC3 | SLU1 | SLU2 | SLU3 |
| 01) g1-imp | 1 | 1 | 1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| 02) g2 | 1 | 1 | 1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| 03) e2 | 1 | 1 | 1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| 04) e3.3 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.72 | 0.72 | 0.72 |
| 05) q1 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.35 |
| 06) q1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07) q3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08) q4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09) q5-imp | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0.9 | 0.9 |
| 10) SLC1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11) SLC2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12) SLC3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Attraverso le sollecitazioni si sono calcolati gli spostamenti orizzontali subiti dall'isolatore. Gli spostamenti sul piano X-Y, sono stati valutati come rapporto tra la reazione prodotta dal caso di carico analizzato nella direzione X o Y e la rigidezza orizzontale equivalente dell'isolatore. Gli spostamenti nelle due direzioni sono stati, infine, combinati vettorialmente per effettuare la verifica di spostamento massimo dell'isolatore. Nel seguito riportiamo i carichi elementari, i valori combinati e gli spostamenti dell'isolatore dove:

NL_dx1 è l'isolatore destro della P0i-esima pila;

NL_sxi è l'isolatore sinistro della P0i-esima pila;

Uh è la composizione vettoriale degli spostamenti Ux e Uy;

SLCj è la j-esima combinazione di carico analizzata allo stato limite di collasso;

SLUj è la j-esima combinazione di carico analizzata allo stato limite ultimo.

TABLE: Element Forces - Links

| Link | | P=FZ | V2=FX | V3=FY | | P=FZ | V2=FX | V3=FY | Ux | Uy | Uh |
|--------|------------|------|-------|-------|------|--------|-------|-------|-------|------|-------|
| Text | | KN | KN | KN | | KN | KN | KN | | | |
| NL_dx1 | 01) g1-imp | 3140 | 0 | 0 | SLC1 | 4203.0 | 517.9 | 57.8 | 170.9 | 19.1 | 172.0 |
| NL_dx1 | 02) g2 | 713 | 0 | 0 | SLC2 | 4220.2 | 198.1 | 179.8 | 65.4 | 59.3 | 88.3 |
| NL_dx1 | 03) e2 | 169 | 18 | 1 | SLC3 | 4297.2 | 197.0 | 56.5 | 65.0 | 18.6 | 67.6 |
| NL_dx1 | 04) e3.3 | 275 | 83 | 5 | SLU1 | 8531.4 | 99.4 | 283.4 | 32.8 | 93.5 | 99.1 |
| NL_dx1 | 05) q1 | 2899 | 0 | 0 | SLU2 | 8663.3 | 132.1 | 174.4 | 43.6 | 57.6 | 72.2 |
| NL_dx1 | 06) q1 | 202 | 0 | 1 | SLU3 | 9517.2 | 92.4 | 172.2 | 30.5 | 56.8 | 64.5 |
| NL_dx1 | 07) q3 | 0 | 77 | 0 | | | | | | | |
| NL_dx1 | 08) q4 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | |
| NL_dx1 | 09) q5-imp | 0 | 12 | 185 | | | | | | | |
| NL_dx1 | 10) SLC1 | 43 | 458 | 54 | | | | | | | |
| NL_dx1 | 11) SLC2 | 60 | 139 | 176 | | | | | | | |
| NL_dx1 | 12) SLC3 | 137 | 137 | 53 | | | | | | | |

TABLE: Element Forces - Links

| Link | | P=FZ | V2=FX | V3=FY | | P=FZ | V2=FX | V3=FY | Ux | Uy | Uh |
|--------|------------|------|-------|-------|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Text | | KN | KN | KN | | | | | | | |
| NL_dx2 | 01) g1-imp | 3443 | 0 | 0 | SLC1 | 4493.2 | 456.9 | 56.9 | 150.8 | 18.8 | 151.9 |
| NL_dx2 | 02) g2 | 782 | 0 | 0 | SLC2 | 4529.7 | 150.8 | 170.9 | 49.8 | 56.4 | 75.2 |
| NL_dx2 | 03) e2 | 123 | 6 | 2 | SLC3 | 4582.4 | 149.8 | 56.4 | 49.4 | 18.6 | 52.8 |
| NL_dx2 | 04) e3.3 | 200 | 25 | 10 | SLU1 | 9123.1 | 39.7 | 336.9 | 13.1 | 111.2 | 111.9 |
| NL_dx2 | 05) q1 | 3097 | 0 | 0 | SLU2 | 9219.0 | 46.0 | 211.2 | 15.2 | 69.7 | 71.3 |
| NL_dx2 | 06) q1 | 82 | 0 | 1 | SLU3 | 10175.8 | 33.8 | 206.5 | 11.2 | 68.1 | 69.1 |
| NL_dx2 | 07) q3 | 0 | 74 | 3 | | | | | | | |
| NL_dx2 | 08) q4 | 0 | 0 | 5 | | | | | | | |
| NL_dx2 | 09) q5-imp | 0 | 10 | 218 | | | | | | | |
| NL_dx2 | 10) SLC1 | 45 | 439 | 50 | | | | | | | |
| NL_dx2 | 11) SLC2 | 82 | 133 | 164 | | | | | | | |
| NL_dx2 | 12) SLC3 | 134 | 132 | 49 | | | | | | | |
| NL_dx3 | 01) g1-imp | 3439 | 0 | 0 | SLC1 | 4487.3 | 437.0 | 68.0 | 144.2 | 22.4 | 146.0 |
| NL_dx3 | 02) g2 | 781 | 0 | 0 | SLC2 | 4539.1 | 145.6 | 168.6 | 48.1 | 55.6 | 73.5 |
| NL_dx3 | 03) e2 | 120 | 6 | 2 | SLC3 | 4575.5 | 144.7 | 55.5 | 47.7 | 18.3 | 51.1 |
| NL_dx3 | 04) e3.3 | 196 | 27 | 7 | SLU1 | 9108.3 | 40.0 | 333.6 | 13.2 | 110.1 | 110.9 |
| NL_dx3 | 05) q1 | 3095 | 0 | 1 | SLU2 | 9201.8 | 47.7 | 206.9 | 15.7 | 68.3 | 70.1 |
| NL_dx3 | 06) q1 | 37 | 0 | 1 | SLU3 | 10160.1 | 34.7 | 203.6 | 11.5 | 67.2 | 68.2 |
| NL_dx3 | 07) q3 | 0 | 70 | 4 | | | | | | | |
| NL_dx3 | 08) q4 | 0 | 0 | 5 | | | | | | | |
| NL_dx3 | 09) q5-imp | 1 | 9 | 217 | | | | | | | |
| NL_dx3 | 10) SLC1 | 49 | 418 | 63 | | | | | | | |
| NL_dx3 | 11) SLC2 | 101 | 126 | 163 | | | | | | | |
| NL_dx3 | 12) SLC3 | 138 | 125 | 50 | | | | | | | |
| NL_dx4 | 01) g1-imp | 3134 | 0 | 0 | SLC1 | 4235.3 | 484.3 | 71.2 | 159.8 | 23.5 | 161.6 |
| NL_dx4 | 02) g2 | 712 | 0 | 0 | SLC2 | 4273.4 | 186.2 | 177.5 | 61.4 | 58.6 | 84.9 |
| NL_dx4 | 03) e2 | 188 | 17 | 1 | SLC3 | 4330.1 | 185.3 | 56.4 | 61.2 | 18.6 | 63.9 |
| NL_dx4 | 04) e3.3 | 306 | 80 | 3 | SLU1 | 8567.5 | 85.7 | 283.9 | 28.3 | 93.7 | 97.9 |
| NL_dx4 | 05) q1 | 2898 | 0 | 1 | SLU2 | 8713.1 | 121.1 | 173.7 | 40.0 | 57.3 | 69.9 |
| NL_dx4 | 06) q1 | 41 | 0 | 1 | SLU3 | 9551.9 | 83.0 | 172.3 | 27.4 | 56.9 | 63.1 |
| NL_dx4 | 07) q3 | 0 | 72 | 6 | | | | | | | |
| NL_dx4 | 08) q4 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | |
| NL_dx4 | 09) q5-imp | 2 | 5 | 186 | | | | | | | |
| NL_dx4 | 10) SLC1 | 49 | 427 | 69 | | | | | | | |
| NL_dx4 | 11) SLC2 | 87 | 129 | 175 | | | | | | | |
| NL_dx4 | 12) SLC3 | 144 | 128 | 54 | | | | | | | |
| NL_sx1 | 01) g1-imp | 3062 | 0 | 0 | SLC1 | 4388.6 | 514.4 | 57.8 | 169.8 | 19.1 | 170.8 |
| NL_sx1 | 02) g2 | 696 | 0 | 0 | SLC2 | 4404.0 | 196.8 | 179.8 | 65.0 | 59.3 | 88.0 |
| NL_sx1 | 03) e2 | 324 | 18 | 1 | SLC3 | 4483.0 | 195.8 | 56.5 | 64.6 | 18.6 | 67.2 |
| NL_sx1 | 04) e3.3 | 528 | 83 | 5 | SLU1 | 8314.1 | 99.9 | 283.4 | 33.0 | 93.5 | 99.2 |
| NL_sx1 | 05) q1 | 2448 | 0 | 0 | SLU2 | 8567.3 | 132.0 | 174.5 | 43.6 | 57.6 | 72.2 |
| NL_sx1 | 06) q1 | 893 | 0 | 1 | SLU3 | 9146.3 | 92.4 | 172.2 | 30.5 | 56.8 | 64.5 |
| NL_sx1 | 07) q3 | 0 | 77 | 0 | | | | | | | |
| NL_sx1 | 08) q4 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | |
| NL_sx1 | 09) q5-imp | 0 | 13 | 185 | | | | | | | |
| NL_sx1 | 10) SLC1 | 43 | 455 | 54 | | | | | | | |
| NL_sx1 | 11) SLC2 | 58 | 138 | 176 | | | | | | | |
| NL_sx1 | 12) SLC3 | 137 | 136 | 53 | | | | | | | |
| NL_sx2 | 01) g1-imp | 3363 | 0 | 0 | SLC1 | 4246.3 | 453.5 | 56.9 | 149.7 | 18.8 | 150.9 |
| NL_sx2 | 02) g2 | 764 | 0 | 0 | SLC2 | 4289.9 | 149.7 | 170.9 | 49.4 | 56.4 | 75.0 |
| NL_sx2 | 03) e2 | 40 | 6 | 2 | SLC3 | 4334.5 | 148.7 | 56.4 | 49.1 | 18.6 | 52.5 |
| NL_sx2 | 04) e3.3 | 65 | 25 | 10 | SLU1 | 8319.6 | 40.4 | 336.9 | 13.3 | 111.2 | 112.0 |
| NL_sx2 | 05) q1 | 2627 | 0 | 1 | SLU2 | 8350.7 | 46.3 | 211.3 | 15.3 | 69.7 | 71.4 |
| NL_sx2 | 06) q1 | 986 | 0 | 1 | SLU3 | 9212.7 | 34.2 | 206.6 | 11.3 | 68.2 | 69.1 |
| NL_sx2 | 07) q3 | 0 | 73 | 3 | | | | | | | |
| NL_sx2 | 08) q4 | 0 | 0 | 5 | | | | | | | |
| NL_sx2 | 09) q5-imp | 0 | 10 | 218 | | | | | | | |
| NL_sx2 | 10) SLC1 | 47 | 435 | 50 | | | | | | | |
| NL_sx2 | 11) SLC2 | 90 | 132 | 164 | | | | | | | |
| NL_sx2 | 12) SLC3 | 135 | 131 | 49 | | | | | | | |
| NL_sx3 | 01) g1-imp | 3355 | 0 | 0 | SLC1 | 4237.5 | 433.7 | 67.9 | 143.1 | 22.4 | 144.9 |
| NL_sx3 | 02) g2 | 762 | 0 | 0 | SLC2 | 4291.0 | 144.5 | 168.6 | 47.7 | 55.6 | 73.3 |
| NL_sx3 | 03) e2 | 39 | 6 | 2 | SLC3 | 4325.3 | 143.6 | 55.5 | 47.4 | 18.3 | 50.8 |
| NL_sx3 | 04) e3.3 | 63 | 27 | 7 | SLU1 | 8300.6 | 40.4 | 333.6 | 13.3 | 110.1 | 110.9 |
| NL_sx3 | 05) q1 | 2623 | 0 | 1 | SLU2 | 8330.2 | 47.8 | 207.0 | 15.8 | 68.3 | 70.1 |
| NL_sx3 | 06) q1 | 994 | 0 | 1 | SLU3 | 9191.8 | 34.9 | 203.7 | 11.5 | 67.2 | 68.2 |
| NL_sx3 | 07) q3 | 0 | 70 | 4 | | | | | | | |
| NL_sx3 | 08) q4 | 0 | 0 | 5 | | | | | | | |
| NL_sx3 | 09) q5-imp | 1 | 9 | 217 | | | | | | | |
| NL_sx3 | 10) SLC1 | 50 | 414 | 63 | | | | | | | |
| NL_sx3 | 11) SLC2 | 103 | 125 | 163 | | | | | | | |
| NL_sx3 | 12) SLC3 | 138 | 124 | 50 | | | | | | | |
| NL_sx4 | 01) g1-imp | 3075 | 0 | 0 | SLC1 | 4378.6 | 480.8 | 71.0 | 158.7 | 23.4 | 160.4 |
| NL_sx4 | 02) g2 | 699 | 0 | 0 | SLC2 | 4416.6 | 184.9 | 177.4 | 61.0 | 58.5 | 84.6 |
| NL_sx4 | 03) e2 | 306 | 17 | 1 | SLC3 | 4472.9 | 184.1 | 56.4 | 60.8 | 18.6 | 63.5 |
| NL_sx4 | 04) e3.3 | 499 | 79 | 3 | SLU1 | 8298.8 | 85.6 | 283.9 | 28.3 | 93.7 | 97.9 |
| NL_sx4 | 05) q1 | 2449 | 0 | 1 | SLU2 | 8537.1 | 120.7 | 173.7 | 39.8 | 57.3 | 69.8 |
| NL_sx4 | 06) q1 | 1997 | 0 | 1 | SLU3 | 9130.4 | 82.7 | 172.3 | 27.3 | 56.9 | 63.1 |
| NL_sx4 | 07) q3 | 0 | 71 | 6 | | | | | | | |
| NL_sx4 | 08) q4 | 0 | 0 | 4 | | | | | | | |
| NL_sx4 | 09) q5-imp | 2 | 5 | 186 | | | | | | | |
| NL_sx4 | 10) SLC1 | 49 | 424 | 69 | | | | | | | |
| NL_sx4 | 11) SLC2 | 87 | 128 | 175 | | | | | | | |
| NL_sx4 | 12) SLC3 | 143 | 127 | 54 | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 71 di 95 |
| | Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

Riportiamo, ora, il prospetto delle verifiche effettuate con i relativi fattori di sicurezza:

Dispositivo: SI-N 900/168

| | | | | |
|----------------------------|---|--------------|-------|--|
| V | = | 10980 | kN | massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma |
| F _{zd} | = | 21220 | kN | massimo carico verticale allo SLU in esercizio |
| K _e | = | 3.03 | kN/mm | rigidezza orizzontale equivalente |
| K _v | = | 2814 | kN/mm | rigidezza verticale |
| d | = | 300 | mm | massimo spostamento dell'isolatore |
| D _g | = | 0.900 | m | diametro dell'elastomero |
| W | = | 1049 | kg | peso dell'isolatore |
| | = | | | |
| V_{Sd,max} | = | 4582 | kN | massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma |
| F_{Sd,zd} | = | 10176 | kN | massimo carico verticale allo SLU in esercizio |
| d_{max} | = | 185 | mm | spostamento massimo dell'impalcato |
| | = | | | |
| FS | = | 2.40 | ok | verifica sull'isolatore in fase di sisma |
| FS | = | 2.09 | ok | verifica sull'isolatore per carico verticale allo SLU in esercizio |
| FS | = | 1.62 | ok | spostamento dell'isolatore |
| | = | | | |
| d _{giunto} | = | 370 | mm | massima escursione del giunto |
| d_{max} SLC | = | 185 | mm | spostamento massimo in fase di sisma |
| d_{max} SLU | = | 112 | mm | spostamento massimo allo SLU |

Le verifiche sul massimo carico agente in fase sismica e all'SLU sono soddisfatte con un fattore di sicurezza circa pari a 2. Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 185 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm. Dunque, l'isolatore scelto è completamente verificato per la carreggiata SX del viadotto in esame.

8 ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

Il plinto, per entrambe le carreggiate, presenta pianta rettangolare di dimensioni 12,00×7,50 m ed altezza pari a 2,50 m. Esso è fondato su n. 6 pali Ø1500 mm posti ad interasse di 4.50 m.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato eseguito schematizzando il plinto come un piastra rettangolare, vincolata mediante incastri al fusto della pila sovrastante e caricato da forze concentrate in corrispondenza degli assi dei pali, dal peso proprio e dal peso del terreno di ricoprimento del plinto stesso.

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidezze della struttura reale. Il modello numerico è composto da elementi finiti di tipo shell. La quasi totalità degli elementi shell impiegati sono di tipo quadrangolare a quattro nodi e tutti includono gli effetti della deformabilità a taglio (formulazione di *Mindlin-Reissner*).

Nelle seguenti figure si illustrano la geometria del plinto e la sua schematizzazione numerica.

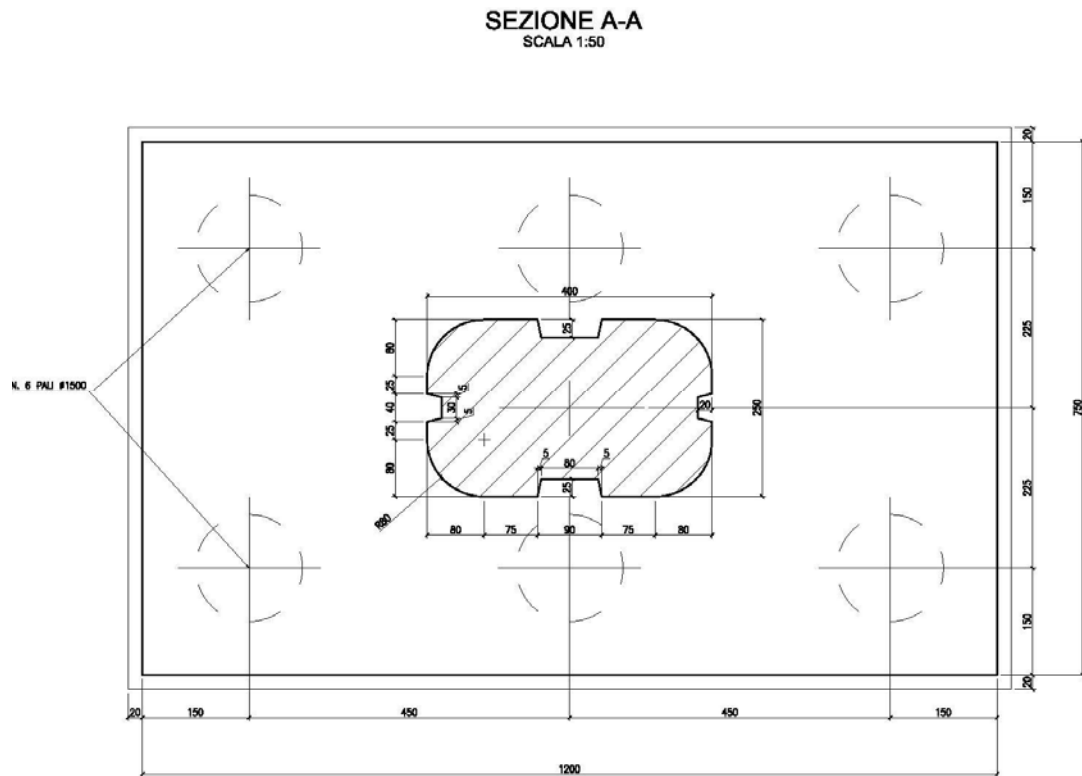


Figura 8-1 - Pianta del plinto di fondazione.

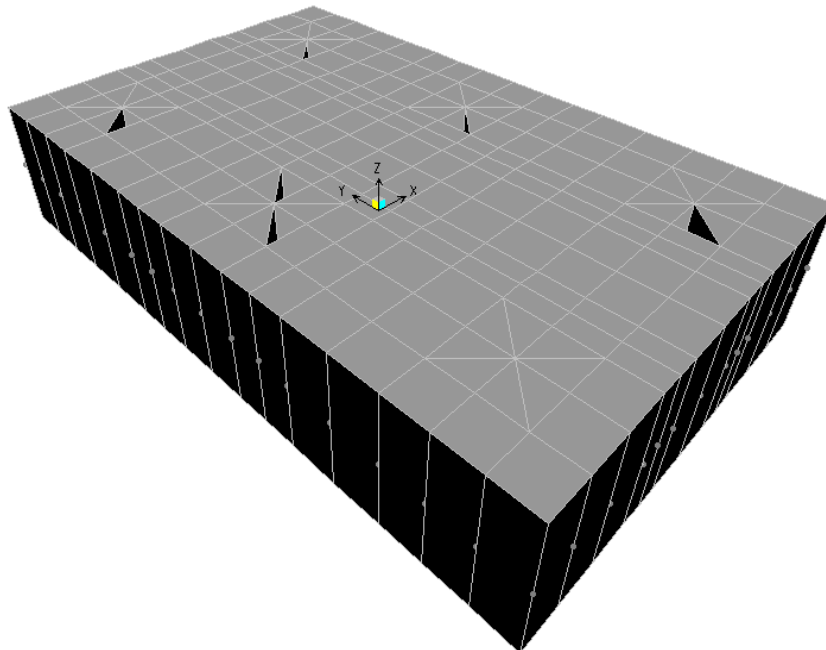


Figura 8-2 - Modello di calcolo del plinto.

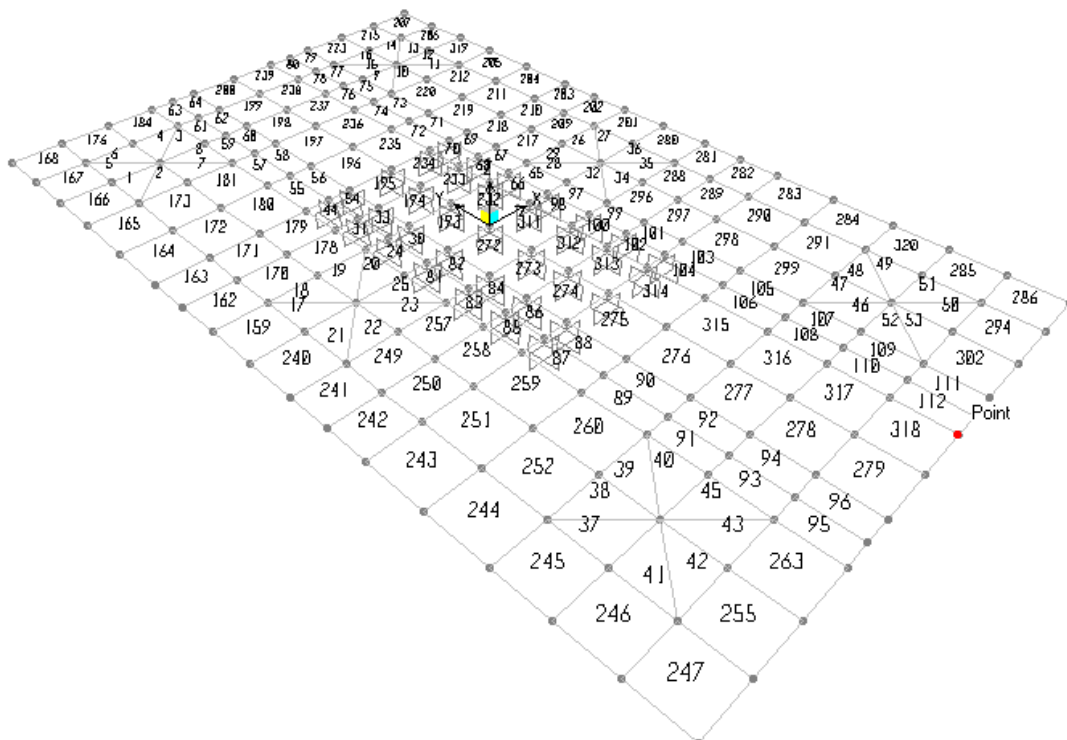


Figura 8-3 - Modello numerico con numerazione degli elementi shell.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 74 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

8.1 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

Il plinto risulta sollecitato da forze concentrate in corrispondenza dei pali. I valori di tali azioni sono quelli determinati ai precedenti paragrafi dedicati all'analisi delle palificate. In particolare, di seguito si riportano le azioni sui pali della pila **P03 carreggiata SX**, alle quali si fa riferimento per il dimensionamento dei plinti del viadotto **Santuzza II**, in quanto risultano essere le più gravose.

| PILA | PALO | SLU-1 | SLU-2 | SLU-3 | SLU-4 | SLU-5 | SLU-6 | SLU-7 | SLU-8 | SLU-9 | SLU-10 | SLU-11 | SLU-12 | SLU-13 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| P03 | 1 | 4657 | 4625 | 5432 | 5400 | 4182 | 4150 | 4957 | 4925 | 4725 | 4693 | 5500 | 5468 | 4369 |
| | 2 | 6432 | 6262 | 5614 | 5445 | 6476 | 6307 | 5659 | 5489 | 6301 | 6131 | 5484 | 5314 | 6335 |
| | 3 | 5544 | 5443 | 5523 | 5422 | 5329 | 5228 | 5308 | 5207 | 5513 | 5412 | 5492 | 5391 | 5352 |
| | 4 | 4411 | 4517 | 5228 | 5334 | 3935 | 4042 | 4752 | 4859 | 4097 | 4203 | 4914 | 5020 | 3740 |
| | 5 | 6185 | 6153 | 5410 | 5378 | 6230 | 6198 | 5455 | 5423 | 5673 | 5641 | 4897 | 4865 | 5706 |
| | 6 | 5298 | 5335 | 5319 | 5356 | 5083 | 5120 | 5104 | 5141 | 4885 | 4922 | 4905 | 4943 | 4723 |

| PILA | PALO | SLU-14 | SLU-15 | SLU-16 | SLU-17 | SLU-18 | SLU-19 | SLU-20 | SLU-21 | SLU-22 | SLU-23 | SLU-24 | SLU-25 |
|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P03 | 1 | 4337 | 5144 | 5112 | 4524 | 4492 | 5299 | 5267 | 4168 | 4136 | 4943 | 4911 | 4278 |
| | 2 | 6165 | 5518 | 5348 | 6121 | 5951 | 5304 | 5134 | 6155 | 5985 | 5337 | 5168 | 6380 |
| | 3 | 5251 | 5331 | 5230 | 5322 | 5222 | 5301 | 5201 | 5161 | 5060 | 5140 | 5039 | 5329 |
| | 4 | 3846 | 4557 | 4663 | 4277 | 4383 | 5094 | 5200 | 3921 | 4027 | 4738 | 4844 | 4018 |
| | 5 | 5675 | 4931 | 4899 | 5874 | 5842 | 5098 | 5067 | 5908 | 5876 | 5132 | 5100 | 6120 |
| | 6 | 4760 | 4744 | 4781 | 5075 | 5112 | 5096 | 5133 | 4914 | 4951 | 4935 | 4972 | 5069 |

| PILA | PALO | SLU-26 | SLU-27 | SLU-28 | SLU-29 | SLU-30 | SLU-31 | SLU-32 | SLU-33 | SLU-34 | SLU-35 | SLU-36 | SLU-37 |
|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P03 | 1 | 4246 | 5570 | 5538 | 3921 | 3889 | 5213 | 5181 | 4547 | 4493 | 5322 | 5269 | 4190 |
| | 2 | 6210 | 5018 | 4848 | 6414 | 6244 | 5052 | 4882 | 6164 | 5881 | 5347 | 5064 | 6198 |
| | 3 | 5228 | 5294 | 5193 | 5168 | 5067 | 5133 | 5032 | 5356 | 5187 | 5335 | 5166 | 5194 |
| | 4 | 4124 | 5379 | 5485 | 3661 | 3767 | 5023 | 5129 | 4255 | 4431 | 5072 | 5248 | 3898 |
| | 5 | 6088 | 4828 | 4796 | 6154 | 6122 | 4862 | 4830 | 5872 | 5819 | 5097 | 5044 | 5906 |
| | 6 | 5106 | 5104 | 5141 | 4908 | 4945 | 4942 | 4979 | 5064 | 5125 | 5084 | 5146 | 4902 |

| PILA | PALO | SLU-38 | SLU-39 | SLU-40 | SLV-1 | SLV-2 | SLV-3 | SLV-4 | SLV-5 | SLV-6 |
|------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P03 | 1 | 4137 | 4966 | 4912 | 4044 | 4022 | 3329 | 3307 | 3523 | 3501 |
| | 2 | 5915 | 5381 | 5098 | 4430 | 4312 | 4171 | 4053 | 3900 | 3782 |
| | 3 | 5026 | 5173 | 5005 | 4237 | 4167 | 3750 | 3680 | 3712 | 3642 |
| | 4 | 4075 | 4715 | 4892 | 2310 | 2384 | 2569 | 2642 | 2893 | 2967 |
| | 5 | 5853 | 5131 | 5078 | 2695 | 2673 | 3410 | 3388 | 3271 | 3249 |
| | 6 | 4964 | 4923 | 4985 | 2503 | 2528 | 2989 | 3015 | 3082 | 3108 |

Tabella 8.1 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico relative alle verifiche di resistenza.

| PILA | PALO | SLEf1 | SLEf2 | SLEf3 | SLEf4 | SLEf5 | SLEf6 | SLEf7 | SLEf8 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P03 | 1 | 3558 | 3531 | 3730 | 3703 | 3285 | 3258 | 3457 | 3431 |
| | 2 | 4321 | 4179 | 4139 | 3998 | 2857 | 2716 | 2676 | 2534 |
| | 3 | 3939 | 3855 | 3935 | 3851 | 3071 | 2987 | 3066 | 2982 |
| | 4 | 3387 | 3476 | 3569 | 3657 | 3115 | 3203 | 3297 | 3385 |
| | 5 | 4150 | 4124 | 3978 | 3951 | 2688 | 2661 | 2515 | 2489 |
| | 6 | 3769 | 3800 | 3773 | 3804 | 2901 | 2932 | 2906 | 2937 |

Tabella 8.2 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Frequenti relative alle verifiche agli SLE.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 75 di 95 |
| | Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| PILA | PALO | SLEp1 | SLEp2 |
|------|------|-------|-------|
| P03 | 1 | 3373 | 3351 |
| | 2 | 3499 | 3381 |
| | 3 | 3436 | 3366 |
| | 4 | 3217 | 3291 |
| | 5 | 3343 | 3321 |
| | 6 | 3280 | 3306 |

Tabella 8.3 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Quasi Permanenti relative alle verifiche agli SLE.

| PILA | PALO | SLEc1 | SLEc2 | SLEc3 | SLEc4 | SLEc5 | SLEc6 | SLEc7 | SLEc8 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P03 | 1 | 3385 | 3359 | 3902 | 3876 | 3113 | 3086 | 3629 | 3603 |
| | 2 | 4502 | 4361 | 3957 | 3816 | 3039 | 2897 | 2494 | 2353 |
| | 3 | 3944 | 3860 | 3930 | 3846 | 3076 | 2992 | 3062 | 2978 |
| | 4 | 3206 | 3294 | 3750 | 3839 | 2933 | 3022 | 3478 | 3566 |
| | 5 | 4323 | 4296 | 3806 | 3779 | 2860 | 2833 | 2343 | 2316 |
| | 6 | 3764 | 3795 | 3778 | 3809 | 2897 | 2928 | 2910 | 2941 |

Tabella 8.4 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Rare relative alle verifiche agli SLE.

Oltre che dalle azioni trasmesse dai pali il plinto risulta sollecitato dal peso proprio e dal peso del terreno di ricoprimento.

Il peso proprio è stato valutato in maniera automatica dal codice di calcolo una volta definito lo spessore del plinto, pari a 2,50 m, ed il peso specifico del calcestruzzo, assunto pari a 25,0 kN/m³.

Il peso del terreno di ricoprimento, coerentemente con quanto riportato nell'analisi della palificata, è stato determinato assumendo uno spessore del terreno stesso di 1,0 m. Quest'ultima azione è stata implementata nel modello di calcolo come un carico di superficie uniformemente distribuito sull'estradosso del plinto, ma al di fuori della superficie di ingombro della sezione di base della pila, di valore pari a:

$$g_2 = 18.0 \times 1.0 = 18.0 \text{ kPa} \quad (\text{peso terreno}).$$

Nelle combinazioni di carico sia il peso proprio del plinto, sia il peso del terreno di ricoprimento, sono stati combinati con le azioni esercitate dai pali impiegando un coefficiente parziale pari a 1.35; nelle combinazioni di carico SLE il coefficiente parziale è stato assunto di valore pari a 1.

8.2 VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI

Nelle seguenti figure si rappresentano gli involuipi massimi del momento flettente longitudinale (M_{11}) e trasversale (M_{22}). Tali momenti si intendono positivi se tendono le fibre inferiori del plinto.

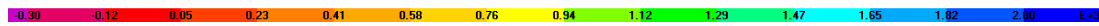
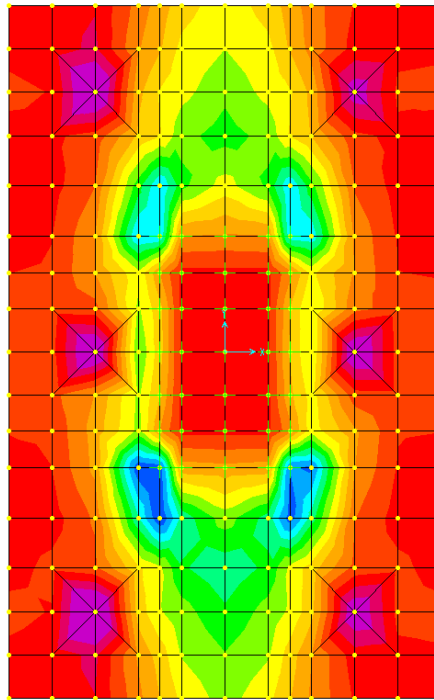


Figura 8-4: Involuppo dei massimi per il momento flettente longitudinale M_{11}

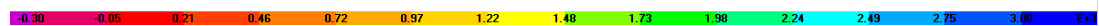
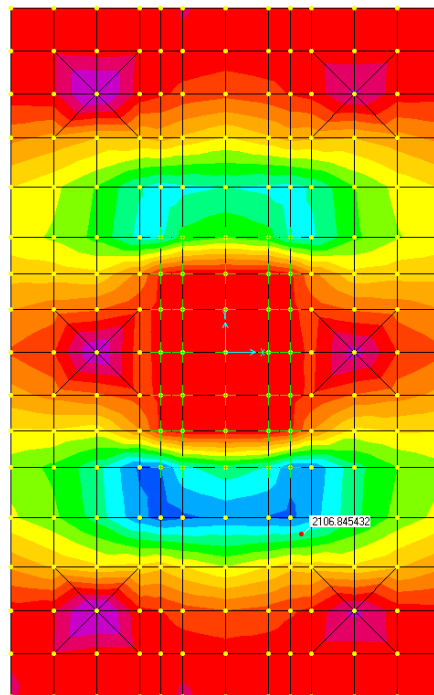


Figura 8-5: Involuppo dei massimi per il momento flettente trasversale M_{22}

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 77 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo del plinto, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica.

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

| PLINTO DI FONDAZIONE | | $A_{res,TOT}$ | M_{Sd} | M_{Rd} | FS | | |
|----------------------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|----|-------------------------------------|
| | | [cm ²] | [cm ²] | [cm ²] | | | |
| Momento trasversale M22 | | | | | | | |
| Arm-inf | 10 Φ 26 | 53.1 | 2847 | 5015 | 1.76 | OK | momento trasversale $M_{x+}=M22$ |
| Arm-sup | 5 Φ 22 | 19.0 | 164 | 1808 | 11.02 | OK | momento trasversale $M_{x-}=M22-$ |
| Momento longitudinale M11 | | | | | | | |
| Arm-inf | 10 Φ 22 | 38.0 | 1998 | 3603 | 1.80 | OK | momento longitudinale $M_{y+}=M11+$ |
| Arm-sup | 5 Φ 22 | 19.0 | 256 | 1808 | 7.06 | OK | momento longitudinale $M_{y-}=M11-$ |

L'armatura inferiore posta in direzione trasversale è costituita da barre $\Phi 22/10$, mentre l'armatura superiore è costituita da $\Phi 22/20$. L'armatura inferiore posta in direzione longitudinale è costituita da barre $\Phi 26/10$, mentre l'armatura superiore è costituita da $\Phi 22/20$.

8.3 VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI TANGENZIALI

Sulla base delle mappe tensionali generate dal modello di calcolo sono state estrapolate le sollecitazioni di taglio massime V13 e V23. Successivamente, è stata condotta la verifica SLU per tensioni tangenziali riferendosi ad una sezione 1.00 x 2.50 m. Nel seguito si riporta la procedura di calcolo seguita.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

| | plinto | plinto | | |
|--|-----------|---------|-----------------|---|
| | V13max | V23max | | |
| Sollecitazioni | | | | |
| V | = 2292 | 2511 | kN | taglio |
| N | = 0 | 0 | kN | sforzo normale (>0 compressione) |
| Geometria | | | | |
| B | = 1000 | 1000 | mm | larghezza sezione |
| H | = 2500 | 2500 | mm | altezza sezione |
| c | = 50 | 50 | mm | copriferro |
| d | = 2450 | 2450 | mm | altezza utile |
| Materiali | | | | |
| R_{ck} | = 30.0 | 30.0 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = 25.0 | 25.0 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| γ_c | = 1.5 | 1.5 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = 0.9 | 0.9 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = 14.2 | 14.2 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| γ_s | = 1.15 | 1.15 | | coefficiente di sicurezza acciaio |
| f_{yk} | = 450.0 | 450.0 | MPa | tensione caratteristica di snervamento acciaio |
| f_{yd} | = 391.3 | 391.3 | MPa | tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio |
| Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio | | | | |
| A_{st} | = 5700.0 | 7209.0 | mm ² | armatura longitudinale |
| ρ_l | = 0.00228 | 0.00288 | | rapporto geometrico di armatura longitudinale |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 78 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| | | | | |
|--------------------|---|-------|-------|---|
| k | = | 1.3 | 1.3 | |
| V _{min} | = | 0.3 | 0.3 | |
| σ _{cp} | = | 0.0 | 0.0 | MPa tensione media calcestruzzo |
| | | | | tensione media di compressione adottata |
| σ _{cp,ad} | = | 0.0 | 0.0 | MPa (<=0.2fcd) |
| V _{Rd} | = | 675.2 | 730.2 | kN taglio resistente |
| check | = | NO | NO | |

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

| | | | | |
|------------------|---|---------|---------|--|
| Ø _w | = | 24 | 24 | mm diametro armatura resistente a taglio |
| a | = | 90.0 | 90.0 | ° inclinazione armatura |
| s | = | 500 | 500 | mm interasse armature a taglio |
| n _{br} | = | 2.0 | 2.0 | numero bracci armatura trasversale |
| A _{sw} | = | 904.78 | 904.78 | mm ² area armatura trasversale posta nell'interasse s |
| ctgΘ (V) | = | 17.0 | 15.5 | |
| ctgΘ | = | 2.5 | 2.5 | |
| Θ | = | 22 | 22 | ° inclinazione bielle di calcestruzzo |
| V _{Rsd} | = | 3903.33 | 3903.33 | kN taglio resistente armatura |
| a _c | = | 1.00 | 1.00 | coefficiente maggiorativo |
| f _{cd} | = | 7.08 | 7.08 | MPa resistenza ridotta |
| V _{Rcd} | = | 11156.3 | 11156.3 | kN taglio resistente calcestruzzo |
| V _{Rd} | = | 3903.3 | 3903.3 | kN taglio resistente sezione |
| check | = | OK | OK | |

L'armatura a taglio per il plinto in progetto sarà costituita da cavallotti 2Ø24/mq.

8.4 S.L.E. - VERIFICHE A FESSURAZIONE

Le verifiche in oggetto vengono eseguite confrontando l'apertura delle fessure con l'apertura limite fissata dalle norme. Nell'ipotesi di ambiente ordinario, l'apertura limite delle fessure vale 0.4 mm per le combinazioni di carico Frequenti e 0.3 mm per le combinazioni di carico Quasi Permanenti

Nel caso in cui il momento di fessurazione della sezione dovesse risultare maggiore del momento agente, non si procederà con la valutazione dell'ampiezza delle fessure, ritenendosi, in tal caso, la verifica automaticamente soddisfatta. Nel seguito si riportano le verifiche per la condizione frequente e quasi permanente.

| | comb. FREQUENTE | comb. FREQUENTE | comb. FREQUENTE | comb. FREQUENTE |
|---|----------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| | Momento trasversale M11=Mx | | Momento longitudinale M22=My | |
| | inf | sup | inf | sup |
| diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione | | | | |
| σ _s | w3=0.40 mm | w3=0.40 mm | w3=0.40 mm | w3=0.40 mm |
| [MPa] | Ø | Ø | Ø | Ø |
| 160 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 200 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 240 | 20 | 20 | 20 | 20 |

| | comb. FREQUENTE | comb. FREQUENTE | comb. FREQUENTE | comb. FREQUENTE |
|-----|----------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| | Momento trasversale M11=Mx | | Momento longitudinale M22=My | |
| | inf | sup | inf | sup |
| 280 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 320 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 360 | 10 | 10 | 10 | 10 |

spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

| σ_s | w3=0.40 mm | w3=0.40 mm | w3=0.40 mm | w3=0.40 mm |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| [MPa] | Ø | Ø | Ø | Ø |
| 160 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| 200 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| 240 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| 280 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 320 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| 360 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| | | | | | | | |
|----------|---|-------------|------------|-------------|-----------|-----|--|
| M_{Ed} | = | 1297 | 160 | 1841 | 73 | kNm | Momento di calcolo (fibre tese verso il basso) |
| N_{Ed} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN | Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione) |

| | comb. FREQUENTE | comb. FREQUENTE | comb. FREQUENTE | comb. FREQUENTE | | | |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|-----|---|
| Materiali | | | | | | | |
| R_{ck} | = | 30 | 30 | 30 | 30 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 25 | 25 | 25 | 25 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{cm} | = | 33.00 | 33.00 | 33.00 | 33.00 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.56 | 2.56 | 2.56 | 2.56 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctm} | = | 2.19 | 2.19 | 2.19 | 2.19 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| σ_t | = | 2.14 | 2.14 | 2.14 | 2.14 | MPa | tensione limite apertura fessure |
| n | = | 15 | 15 | 15 | 15 | | coefficiente di omogeneizzazione armature |
| n' | = | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | coefficiente di omogeneizzazione cls teso |

| | | | | | | | |
|------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----|-----------------|
| Geometria | | | | | | | |
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm | base sezione |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm | altezza sezione |

| | | | | | | | |
|-----------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|--|
| Armatura | | | | | | | |
| n_1 | = | 10 | 5 | 10 | 5 | | n. tondini inferiori |
| \varnothing_1 | = | 22 | 22 | 26 | 22 | mm | diametro tondini inferiori |
| d_1 | = | 2450 | 2450 | 2450 | 2450 | mm | distanza da lembo compresso |
| A_{s1} | = | 3801 | 1901 | 5309 | 1901 | mm ² | area armatura inferiore |
| n_2 | = | 5 | 10 | 5 | 10 | | n. tondini superiori |
| \varnothing_2 | = | 22 | 22 | 22 | 26 | mm | diametro tondini superiori |
| d_2 | = | 50 | 50 | 50 | 50 | mm | distanza da lembo compresso (copriferro) |
| A_{s2} | = | 1901 | 3801 | 1901 | 5309 | mm ² | area armatura superiore |

| | | | | | | | |
|-----------------------|---|--------|-------|--------|------|-----|--|
| Sollecitazioni | | | | | | | |
| M | = | 1297.0 | 160.0 | 1841.0 | 73.0 | kNm | Momento di calcolo (fibre tese verso il basso) |
| N | = | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | KN | Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione) |
| e | = | Inf | Inf | Inf | Inf | mm | eccentricità |

| | comb. | comb. | comb. | comb. | | |
|--|----------------------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------|--|
| | FREQUENTE | FREQUENTE | FREQUENTE | FREQUENTE | | |
| | Momento trasversale M11=Mx | | Momento longitudinale M22=My | | | |
| | inf | sup | inf | sup | | |
| Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione | | | | | | |
| A_{cls} | = | 2500000 | 2500000 | 2500000 | 2500000 | mm ² area calcestruzzo |
| A_s | = | 5702.0 | 5702.0 | 7210.0 | 7210.0 | mm ² area armatura |
| A_{id} | = | 2.59E+06 | 2.59E+06 | 2.61E+06 | 2.61E+06 | mm ² area sezione ideale |
| d_G | = | 1263.2 | 1236.8 | 1273.5 | 1226.5 | mm distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore |
| J_{id} | = | 1.42E+12 | 1.42E+12 | 1.46E+12 | 1.46E+12 | mm ⁴ momento d'inerzia baricentrico sezione ideale |
| ρ_{id} | = | 742.3 | 742.3 | 747.3 | 747.3 | mm raggio d'inerzia sezione |
| $Y_{nocc,s}$ | = | 817.7 | 800.5 | 818.2 | 788.0 | mm quota punto di nocciolo superiore |
| Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione | | | | | | |
| $A_{cls,t}$ | = | - | - | - | - | mm ² area calcestruzzo teso omogeneizzato |
| A_s | = | - | - | - | - | mm ² area armatura |
| $A_{id,t}$ | = | - | - | - | - | mm ² area sezione ideale |
| $d_{G,t}$ | = | - | - | - | - | mm distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore |
| $J_{id,t}$ | = | - | - | - | - | mm ⁴ momento d'inerzia baricentrico sezione ideale |
| $\rho_{id,t}$ | = | - | - | - | - | mm raggio d'inerzia sezione |
| $Y_{nocc,i}$ | = | - | - | - | - | mm quota punto di nocciolo inferiore |
| Comportamento sezione | | | | | | |
| | | parzializzata | parzializzata | parzializzata | parzializzata | |
| Caratteristiche sezione parzializzata | | | | | | |
| Y_n | = | 452.58 | 305.26 | 528.07 | 291.05 | mm distanza asse neutro da lembo compresso |
| J_n | = | 2.63E+11 | 1.44E+11 | 3.50E+11 | 1.46E+11 | mm ⁴ momento d'inerzia sezione parzializzata |
| S_n | = | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mm ³ momento statico sezione parzializzata |
| $f(Y_n)=0$ | = | - | - | - | - | |
| Tensioni nei materiali | | | | | | |
| σ_c | = | -2.23 | -0.34 | -2.78 | -0.15 | MPa tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata |
| σ_s | = | 147.7 | 35.7 | 151.7 | 16.2 | MPa tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata |
| Verifica a fessurazione | | | | | | |
| M_{fess} | = | 2462.4 | 2410.8 | 2538.1 | 2444.4 | kNm momento limite di apertura fessure |
| M_{fess} / M | = | 1.90 | 15.07 | 1.38 | 33.48 | check1 |
| w_{max} | = | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | mm valore limite ampiezza fessure |

| | comb. QUASI PERM. | comb. QUASI PERM. | comb. QUASI PERM. | comb. QUASI PERM. |
|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Momento trasversale M11=Mx | inf | sup | inf | sup |
| Momento longitudinale M22=My | | | | |

diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

| σ_s [MPa] | w2=0.30 mm Ø | w2=0.30 mm Ø | w2=0.30 mm Ø | w2=0.30 mm Ø |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 160 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 200 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 240 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 280 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 320 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 360 | 8 | 8 | 8 | 8 |

spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

| σ_s [MPa] | w2=0.30 mm Ø | w2=0.30 mm Ø | w2=0.30 mm Ø | w2=0.30 mm Ø |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 160 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| 200 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| 240 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 280 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| 320 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 360 | 50 | 50 | 50 | 50 |

| | | | | | | | |
|----------|---|-------------|------------|-------------|-----------|-----|--|
| M_{Ed} | = | 1038 | 128 | 1473 | 58 | kNm | Momento di calcolo (fibre tese verso il basso) |
| N_{Ed} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN | Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione) |

| | comb. QUASI PERM. | comb. QUASI PERM. | comb. QUASI PERM. | comb. QUASI PERM. | | | |
|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|-----------------|---|
| Materiali | | | | | | | |
| Rck | = | 30 | 30 | 30 | 30 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 25 | 25 | 25 | 25 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{cm} | = | 33.00 | 33.00 | 33.00 | 33.00 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.56 | 2.56 | 2.56 | 2.56 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctm} | = | 2.19 | 2.19 | 2.19 | 2.19 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| σ_t | = | 2.14 | 2.14 | 2.14 | 2.14 | MPa | tensione limite apertura fessure |
| n | = | 15 | 15 | 15 | 15 | | coefficiente di omogeneizzazione armature |
| n' | = | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | coefficiente di omogeneizzazione cls teso |
| Geometria | | | | | | | |
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm | base sezione |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm | altezza sezione |
| Armatura | | | | | | | |
| n_1 | = | 10 | 5 | 10 | 5 | | n. tondini inferiori |
| \varnothing_1 | = | 22 | 22 | 26 | 22 | mm | diametro tondini inferiori |
| d_1 | = | 2450 | 2450 | 2450 | 2450 | mm | distanza da lembo compresso |
| A_{s1} | = | 3801 | 1901 | 5309 | 1901 | mm ² | area armatura inferiore |
| n_2 | = | 5 | 10 | 5 | 10 | | n. tondini superiori |

| | comb. | comb. | comb. | comb. | | |
|--|----------------------------|---------------|------------------------------|---------------|-----------------|--|
| | QUASI PERM. | QUASI PERM. | QUASI PERM. | QUASI PERM. | | |
| | Momento trasversale M11=Mx | | Momento longitudinale M22=My | | | |
| | inf | sup | inf | sup | | |
| \varnothing_2 | = 22 | 22 | 22 | 26 | mm | diametro tondini superiori |
| d_2 | = 50 | 50 | 50 | 50 | mm | distanza da lembo compresso (copriferro) |
| A_{s2} | = 1901 | 3801 | 1901 | 5309 | mm ² | area armatura superiore |
| Sollecitazioni | | | | | | |
| M | = 1037.6 | 128.0 | 1472.8 | 58.4 | kNm | Momento di calcolo (fibre tese verso il basso) |
| N | = 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | KN | Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione) |
| e | = Inf | Inf | Inf | Inf | mm | eccentricità |
| Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione | | | | | | |
| A_{cis} | = 2500000 | 2500000 | 2500000 | 2500000 | mm ² | area calcestruzzo |
| A_s | = 5702.0 | 5702.0 | 7210.0 | 7210.0 | mm ² | area armatura |
| A_{id} | = 2.59E+06 | 2.59E+06 | 2.61E+06 | 2.61E+06 | mm ² | area sezione ideale |
| d_G | = 1263.2 | 1236.8 | 1273.5 | 1226.5 | mm | distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore |
| J_{id} | = 1.42E+12 | 1.42E+12 | 1.46E+12 | 1.46E+12 | mm ⁴ | momento d'inerzia baricentrico sezione ideale |
| ρ_{id} | = 742.3 | 742.3 | 747.3 | 747.3 | mm | raggio d'inerzia sezione |
| $Y_{nocc,s}$ | = 817.7 | 800.5 | 818.2 | 788.0 | mm | quota punto di nocciolo superiore |
| Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione | | | | | | |
| $A_{cis,t}$ | = - | - | - | - | mm ² | area calcestruzzo teso omogeneizzato |
| A_s | = - | - | - | - | mm ² | area armatura |
| $A_{id,t}$ | = - | - | - | - | mm ² | area sezione ideale |
| $d_{G,t}$ | = - | - | - | - | mm | distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore |
| $J_{id,t}$ | = - | - | - | - | mm ⁴ | momento d'inerzia baricentrico sezione ideale |
| $\rho_{id,t}$ | = - | - | - | - | mm | raggio d'inerzia sezione |
| $Y_{nocc,i}$ | = - | - | - | - | mm | quota punto di nocciolo inferiore |
| Comportamento sezione | | | | | | |
| | parzializzata | parzializzata | parzializzata | parzializzata | | |
| Caratteristiche sezione parzializzata | | | | | | |
| Y_n | = 452.58 | 305.26 | 528.07 | 291.05 | mm | distanza asse neutro da lembo compresso |
| J_n | = 2.63E+11 | 1.44E+11 | 3.50E+11 | 1.46E+11 | mm ⁴ | momento d'inerzia sezione parzializzata |
| S_n | = 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mm ³ | momento statico sezione parzializzata |
| $f(Y_n)=0$ | = - | - | - | - | | |
| Tensioni nei materiali | | | | | | |
| σ_c | = -1.79 | -0.27 | -2.22 | -0.12 | MPa | tensione nel lembo più compresso del cis calcolata nella sezione fessurata |
| σ_s | = 118.2 | 28.5 | 121.4 | 13.0 | MPa | tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata |
| Verifica a fessurazione | | | | | | |
| M_{fess} | = 2462.4 | 2410.8 | 2538.1 | 2444.4 | kNm | momento limite di apertura fessure |
| M_{fess} / M | = 2.37 | 18.83 | 1.72 | 41.86 | | check1 |
| w_{max} | = 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | mm | valore limite ampiezza fessure |

Dai risultati ottenuti emerge che il momento di prima fessurazione della sezione è sempre maggiore del momento di calcolo, non è quindi necessario il calcolo dell'apertura delle fessure.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 83 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

8.5 S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ in combinazione caratteristica e $0,40 f_{ck}$ in combinazione quasi permanente; per l'acciaio: $0,8 f_{yk}$ in combinazione caratteristica). Definita la massima tensione ammissibile nelle barre e nel calcestruzzo, si considerano per ogni combinazione le condizioni momento flettente e, con l'ausilio del programma di calcolo V.C.A.S.L.U., utilizzando un'analisi elastica, si determina lo stato tensionale della sezione.

Materiali

| | | | | |
|----------|---|------------|-----|---|
| Rck | = | 30 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 25 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{yk} | = | 450 | MPa | resistenza caratteristica di snervamento cilindrica |

Momento trasversale M22

comb. RARA **comb. QUASI PERM.**

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

| | | | | | |
|-----------------|---|-------------|-------------|-------|---|
| M_{Edmax} | = | 1942 | 1473 | kNm | momento massimo nella combinazione analizzata |
| σ_c | = | 15.0 | 11.3 | [MPa] | massima tensione del cls da normativa |
| $\sigma_{c,Sd}$ | = | 2.9 | 2.2 | [MPa] | tensione di calcolo del cls in esercizio |
| | | 5.17 | 5.11 | | se >1 verifica soddisfatta |
| | | verifica_ok | verifica_ok | | |

comb. RARA

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

| | | | | |
|-----------------|---|--------------|-------|---|
| σ_s | = | 360.0 | [MPa] | massima tensione dell'acciaio normativa |
| $\sigma_{s,Sd}$ | = | 159.0 | [MPa] | tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio |
| | | 2.26 | | se >1 verifica soddisfatta |
| | | verifica_ok | | |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 84 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

Momento longitudinale M11

comb. RARA comb. QUASI PERM.

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

| | | | | | | |
|-----------------|---|-------------|-------------|-------|---|--------|
| M_{Edmax} | = | 1367 | 128 | kNm | momento massimo nella combinazione analizzata | |
| σ_c | = | 15.0 | 11.3 | [MPa] | massima tensione del cls da normativa | |
| $\sigma_{c,Sd}$ | = | 2.3 | 0.2 | [MPa] | tensione di calcolo del cls in esercizio | VcaSlu |
| | | 6.44 | 56.25 | | se >1 verifica soddisfatta | |
| | | verifica_ok | verifica_ok | | | |

comb. RARA

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------|-------|--|--------|
| σ_s | = | 360.0 | [MPa] | massima tensione dell'acciaio normativa | |
| $\sigma_{s,Sd}$ | = | 155.0 | [MPa] | tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio | |
| | | 2.32 | | se >1 verifica soddisfatta | VcaSlu |
| | | verifica_ok | | | |

Le verifiche risultano soddisfatte.

9 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE

9.1 VERIFICHE STRUTTURALI

Per il calcolo delle sollecitazioni flettenti e taglianti agenti lungo il fusto del palo si adotta lo schema di palo con la testa impedita di ruotare, ma libera di traslare per effetto dell'azione orizzontale ivi applicata, ed immerso in un terreno schematizzato alla Winkler. Per la determinazione della lunghezza elastica del palo, λ , si adotta l'espressione di Zimmerman. Nella schematizzazione adottata le sollecitazioni indotte sul palo sono funzione del solo taglio agente in testa. Visto che i tagli massimo agenti sul singolo palo della palificata della generica pila hanno lo stesso ordine di grandezza si è ritenuto opportuno dimensionare le palificate della carreggiata SX con un'unica tipologia di armatura. Per tali ragioni si è analizzato il palo più sollecitato. Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica delle palificate delle pile.

Determinazione momento flettente massimo (palo vincolato in testa con bipendolo)

| | | | |
|------------------|---|--------------------------------|----------------------------------|
| E | = | 31220 MPa | modulo elastico calcestruzzo |
| D | = | 1500 mm | diametro palo |
| J | = | 248504887637 mm ⁴ | momento d'inerzia del palo |
| K | = | 15000 kN/m ³ | costante di reazione del terreno |
| B | = | 2250 mm | larghezza efficace del palo |
| E _s | = | 33750 kN/m ² | modulo di elasticità del terreno |
| λ | = | 5.51 m | lunghezza elastica del palo |
| h | = | 0.00 m | altezza tratto libero |
| V | = | 202.00 kN | taglio alla testa del palo |
| M _{max} | = | 556.17 kNm | massimo momento flettente |

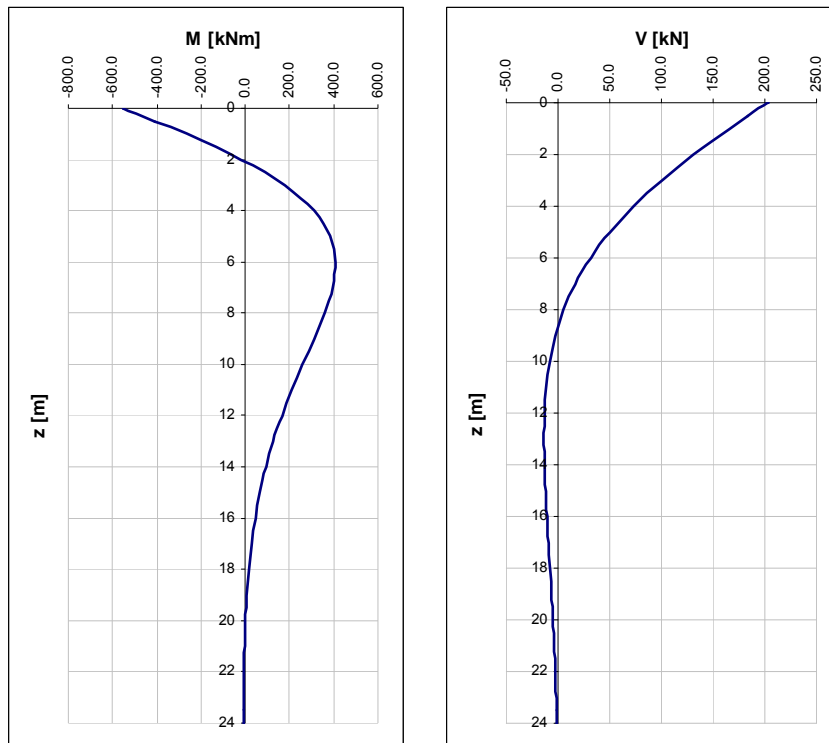


Figura 9-1: Andamento dei momenti flettenti e dei tagli sul palo di fondazione

9.1.1 S.L.U. – Resistenza: presso-flessione

In tutte le palificate le gabbie vengono armate con 16 Ø22. Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U. Si riportano di seguito le verifiche eseguite e una schermata di output di VCASLU relativa alla sezione di testa del palo più sollecitato:

| | Z _{in} [m] | Z _{fin} [m] | L _{gabbia} [m] | c' [cm] | Ø [mm] | n | s [cm] | M _{Ed} [kN*m] | N _{Ed} [kN] | M _{res} [kN*m] | FS | check |
|------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|------------|-----------|----|-----------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|---------|-------|
| gabbia n.1 | -1.1 | 10.9 | 12 | 5 | 22 | 16 | 27.5 | 556.17 | 2342 | 2734 | 4.92 | OK |
| gabbia n.2 | 9.8 | 21.8 | 12 | 5 | 22 | 16 | 27.5 | 311.00 | 2342 | 2734 | 8.79 | OK |
| gabbia n.3 | 20.7 | 24 | 3.3 | 5 | 22 | 16 | 27.5 | 1.00 | 2342 | 2734 | 2734.00 | OK |

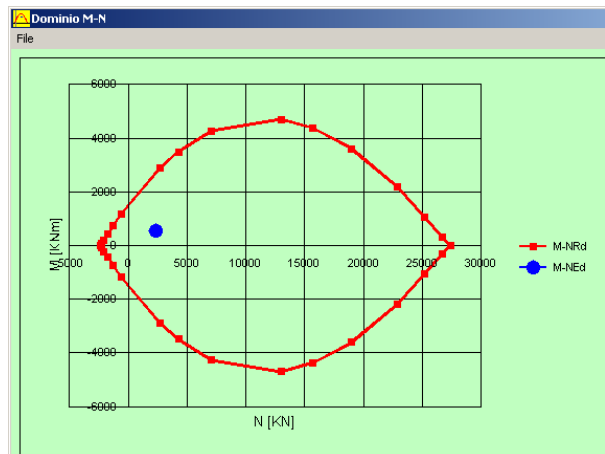
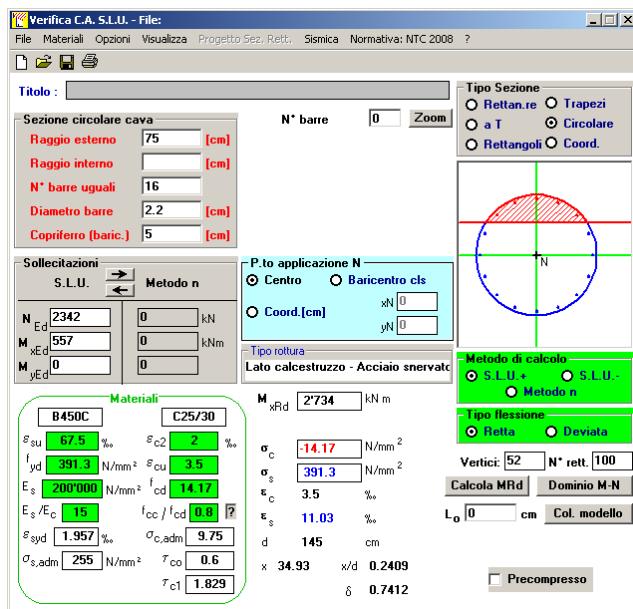


Figura 9-2: Momento resistente del palo di fondazione

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 87 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

9.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

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

in cui:

V_{Ed} : taglio di calcolo

$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$: taglio resistente

$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d_e \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$: resistenza di calcolo a taglio trazione

$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d_e \cdot b_{we} \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{(1 + \cot^2 \theta)}$: resistenza di calcolo a taglio compressione

dove:

$d_e = 0.45 \cdot D + 0.64 \cdot (d - D/2)$: altezza utile equivalente della sezione

D : diametro della sezione

d : altezza utile della sezione

$b_{we} = 0.9 \cdot D$: base equivalente della sezione

A_{sw} : area dell'armatura trasversale

s : interasse tra due armature trasversali consecutive

α_c : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$: resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

La verifica è condotta nel palo più sollecitato tra tutte le pile della carreggiata SX. Nel seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato:

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE (NTC 2008)

Sollecitazioni

$V = 202$ KN taglio
 $N = 2342$ KN sforzo normale (>0 compressione)

Geometria

$D = 1500$ mm diametro sezione
 $c = 50$ mm copriferro
 $d = 1450$ mm altezza utile
 $b_{we} = 1350$ mm larghezza
 $d_e = 1123$ mm altezza utile equivalente

Materiali

$R_{ck} = 30$ MPa resistenza caratteristica cubica
 $f_{ck} = 25$ MPa resistenza caratteristica cilindrica
 $\gamma_c = 1.50$ coefficiente parziale di sicurezza

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 88 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| | | | | |
|--|---|---------------|-----------------|--|
| α_{cc} | = | 0.85 | | coefficiente riduttivo |
| f_{cd} | = | 14.11 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| γ_s | = | 1.15 | | coefficiente di sicurezza acciaio |
| f_{yk} | = | 450 | MPa | tensione caratteristica di snervamento acciaio |
| f_{yd} | = | 391.30 | MPa | tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio |
| Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio | | | | |
| n | = | 16 | | numero ferri longitudinali |
| \emptyset | = | 22 | mm | diametro ferri longitudinali |
| A_{sl} | = | 6082.1 | mm ² | armatura longitudinale |
| ρ_l | = | 0.004 | | rapporto geometrico di armatura longitudinale |
| k | = | 1.422 | | |
| V_{min} | = | 0.296 | | |
| σ_{cp} | = | 1.325 | MPa | tensione media calcestruzzo (>0 compressione) tensione media di compressione adottata |
| $\sigma_{cp,ad}$ | = | 1.325 | MPa | (<=0.2fcd) |
| V_{Rd} | = | 858.53 | kN | taglio resistente |

Si dispongono, fuori calcolo, per garantire un maggiore confinamento del calcestruzzo, armature a taglio costituite da spirali $\emptyset 10/300$.

9.1.3 S.L.E. – Fessurazione

Per la verifica a fessurazioni sono state assunte:

- condizioni ambientali ordinarie;
- armature poco sensibili.

Si considerano le massime sollecitazioni, in corrispondenza della combinazione di carico considerata, agenti sulle palificate per la carreggiata SX:

Sollecitazioni agenti

| | | combinazione | | | |
|-----------|---|--------------|-------------|------|-----------------------------|
| | | freq | qp | | |
| L0 | = | 5.51 | 5.51 | m | lunghezza elastica del palo |
| N | = | 2218 | 2958 | kN | sforzo assiale |
| V | = | 35 | 27 | kN | taglio alla testa del palo |
| M_{max} | = | 96 | 74 | kN*m | massimo momento flettente |

Applicando le massime sollecitazioni al palo la sezione trasversale risulta sempre compressa. Pertanto, non si procede alla verifica. Nel seguito si riporta lo stato sollecitativo nella sezione del palo calcolata con l'ausilio del programma di calcolo V.C.A.S.L.U.

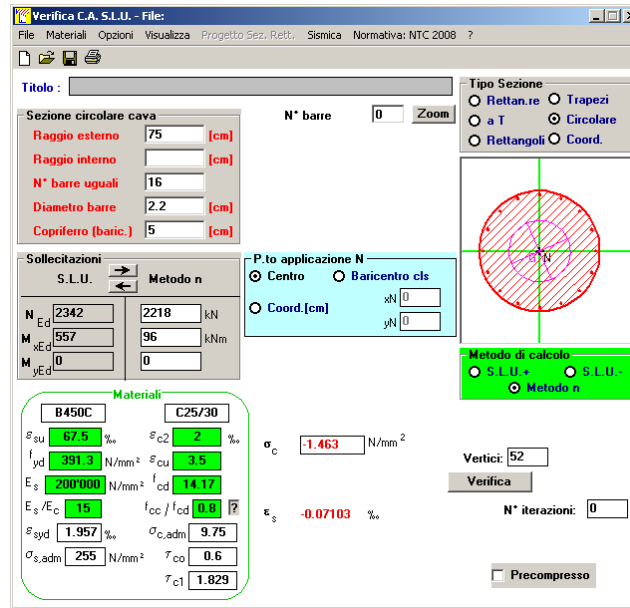


Figura 9-3: Stato sollecitante massimo nella combinazione di carico frequente

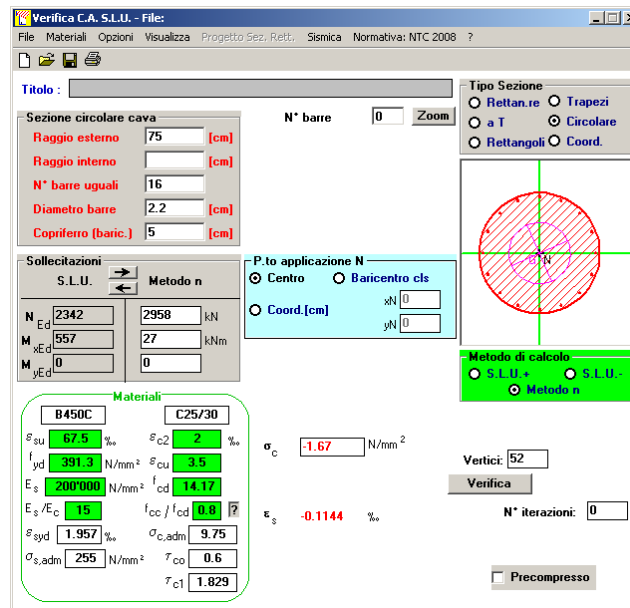


Figura 9-4: Stato sollecitante massimo nella combinazione di carico quasi permanente

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 90 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

9.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ in combinazione caratteristica e $0,40 f_{ck}$ in combinazione quasi permanente; per l'acciaio: $0,8 f_{yk}$ in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con l'utilizzo del programma di calcolo VcaSLU. Le sollecitazioni analizzate sono quelle massime per ogni combinazione di carico.

Materiali

| | | | | |
|----------|---|------------|-----|---|
| Rck | = | 30 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 25 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{yk} | = | 450 | MPa | resistenza caratteristica di snervamento cilindrica |

combinazione
rara qp

Sollecitazioni agenti

| | | | | | |
|-----------|---|-------------|-------------|------|-----------------------------|
| L0 | = | 5.51 | 5.51 | m | lunghezza elastica del palo |
| N | = | 2236 | 2958 | kN | sforzo assiale |
| V | = | 54 | 27 | kN | taglio alla testa del palo |
| M_{max} | = | 149 | 74 | kN*m | massimo momento flettente |

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

| | | | | | |
|------------------|---|-------------|-------------|-------|--|
| $\sigma_{c,max}$ | = | 15.00 | 11.25 | [MPa] | massima tensione del cls da normativa |
| $\sigma_{c,Sd}$ | = | 1.62 | 1.80 | [MPa] | tensione di calcolo del cls in esercizio |
| | | OK | OK | | |

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

| | | | | |
|------------------|---|-----------|-------|---|
| $\sigma_{s,max}$ | = | 360 | [MPa] | massima tensione dell'acciaio normativa |
| $\sigma_{s,Sd}$ | = | 0 | [MPa] | tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio |
| | | OK | | |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 91 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

9.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

Nella seguente tabella si riportano i parametri fisico-meccanici dei terreni interessati dai pali di fondazione e adottati nel seguito per le verifiche geotecniche. Tali parametri derivano dal lavoro di caratterizzazione riportato nella relazione geotecnica a corredo del presente progetto esecutivo.

| | TRV1 | TRV2a | TRV2b |
|---|-------------|-------------|-------------|
| peso secco γ_d (kN/m ³) | 20.2 | 20.3 | 20.5 |
| peso saturo γ_{sat} (kN/m ³) | 20.2 | 20.3 | 20.5 |
| coesione non dren. c_u (kPa) | 165 | 128 | 178 |
| coesione dren. c' (kPa) | 26 | 36 | 23 |
| angolo attrito ϕ' (°) | 20 | 19 | 22 |

9.2.1 S.L.U. – Verifica a carico limite verticale

Il carico limite verticale Q_{lim} dei singoli pali (trivellati) è stato calcolato in condizioni non drenate e drenate in funzione del diametro d e della lunghezza L dei pali. La formula utilizzata è:

$$Q_{lim} = p_{lim} \frac{\pi d^2}{4} + \pi d \int_0^L s_{lim} dz$$

dove le resistenze unitarie alla punta e laterale sono rispettivamente calcolate come:

$$p_{lim,u} = \sigma_{vL} + N_c c_u$$

$$s_{lim,u} = \alpha c_u$$

in condizioni non drenate, e come:

$$p_{lim,d} = N_c c' + N_q \sigma_{vL}'$$

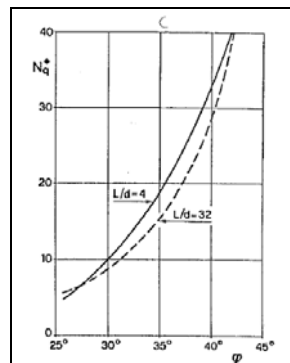
$$s_{lim,d} = k \mu \sigma_{vz}'$$

in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con σ_{vL} e con σ_{vL}' la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione α sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i valori riportati di seguito:

| c_u | α |
|---------|----------|
| (kPa) | (-) |
| <25 | 0.9 |
| 25 ÷ 50 | 0.8 |
| 50 ÷ 75 | 0.6 |
| ≥ 75 | 0.4 |

Il coefficiente di tensione orizzontale k è stato determinato con la formula di Jacky: $k = 1 - \sin \phi'$, mentre il coefficiente di attrito vale: $\mu = \tan \phi'$.

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al 25% del diametro del palo) considerando N_q i valori desunti dal grafico riportato in figura. Riguardo N_c , si è assunto in condizioni non drenate $N_c = 9$ e in condizioni drenate N_c è stato determinato con la relazione:



$$N_c = (N_q - 1) \cdot (\tan(\phi'))^{-1}$$

In tabella si riportano ora i valori dei coefficienti N_c ed N_q adottati per i diverse unità geotecniche.

| | TRV1 | TRV2a | TRV2b |
|------------------------------|------|-------|-------|
| coeff. N_q (cond. drenate) | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| coeff. N_c (cond. drenate) | 8.4 | 8.6 | 7.6 |

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata l'assenza di falda.

Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto ogni opera.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 1 - CARR. SX

| strati | Unità geotecniche | spessore strato da testa palo (m) | quota iniziale | quota finale |
|-----------|-------------------|--------------------------------------|----------------|--------------|
| | | | m | m |
| 1° strato | TRV1 | 4 | 0 | 4 |
| 2° strato | TRV2a | 7 | 4 | 11 |
| 3° strato | TRV2b | 34 | 11 | 45 |

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 2 - CARR. SX

| strati | Unità geotecniche | spessore strato da testa palo (m) | quota iniziale | quota finale |
|-----------|-------------------|--------------------------------------|----------------|--------------|
| | | | m | m |
| 1° strato | TRV1 | 2 | 0 | 2 |
| 2° strato | TRV2a | 10 | 2 | 12 |
| 3° strato | TRV2b | 33 | 12 | 45 |

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 3 - CARR. SX

| strati | Unità geotecniche | spessore strato da testa palo (m) | quota iniziale | quota finale |
|-----------|-------------------|--------------------------------------|----------------|--------------|
| | | | m | m |
| 1° strato | TRV1 | 3 | 0 | 3 |
| 2° strato | TRV2a | 8 | 3 | 11 |
| 3° strato | TRV2b | 34 | 11 | 45 |

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 4 - CARR. SX

| strati | Unità geotecniche | spessore strato da testa palo (m) | quota iniziale | quota finale |
|-----------|-------------------|--------------------------------------|----------------|--------------|
| | | | m | m |
| 1° strato | TRV1 | 2 | 0 | 2 |
| 2° strato | TRV2a | 9 | 2 | 11 |
| 3° strato | TRV2b | 34 | 11 | 45 |

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 93 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

$$R_d \geq E_d$$

dove:

R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema. I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{Fj} , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo;

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato direttamente come $E_d = E_k \gamma_E$ con $\gamma_E = \gamma_F$:

$$E_d = \gamma_E E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

La verifica della relazione $R_d \geq E_d$ è stata effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali (cfr tabelle sotto), rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

| CARICHI | EFFETTO | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) STR | (A2) GEO |
|---|-------------|---|-----|-------------|-------------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Permanenti non strutturali ⁽¹⁾ | Favorevole | γ_{G2} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Variabili | Favorevole | γ_{G3} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

(1) qualora i carichi permanenti non strutturali siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti

| PARAMETRO | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE γ_M | (M1) | (M2) |
|--|---|--|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | γ_c | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ | γ_r | 1,0 | 1,0 |

| Resistenza | Simbolo | Pali infissi | | | Pali trivellati | | | Pali ad elica continua | | |
|--------------------------|---------------|--------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|
| | | (R1) | (R2) | (R3) | (R1) | (R2) | (R3) | (R1) | (R2) | (R3) |
| Base | γ_b | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,7 | 1,35 | 1,0 | 1,6 | 1,3 |
| Laterale in compressione | γ_s | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,45 | 1,15 |
| Totale ^(*) | γ_t | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,6 | 1,30 | 1,0 | 1,55 | 1,25 |
| Laterale in trazione | γ_{st} | 1,0 | 1,6 | 1,25 | 1,0 | 1,6 | 1,25 | 1,0 | 1,6 | 1,25 |

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono stati scelti nell'ambito dei due approcci progettuali distinti e alternativi consentiti dal DM 14/01/08 per la progettazione geotecnica.

Nel caso specifico, le verifiche geotecniche (GEO) in termini di capacità portante dei pali sono state condotte sulla base dell'approccio 2, con i coefficienti parziali \rightarrow A1+M1+R3.

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate. Considerando l'adozione di una sola relazione analitica per la valutazione del carico limite si è assunto il fattore ζ_3 . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è 6.

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 94 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

| | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Numero di verticali indagate | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | ≥ 10 |
| ξ_3 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40 |
| ξ_4 | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21 |

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche condotte. Si evidenzia che ai carichi in testa palo si è aggiunto il contributo del peso palo compensato, cioè sottraendo al peso del palo il peso della colonna di terreno (ovvero calcolando il peso del palo con peso specifico $\gamma_p = \gamma_{c.a} - \gamma_t$).

| azioni verticali massime in testa palo | | | caratteristiche pali fondazione | | | PP. Compensato | carico limite | | check dr | check ud |
|--|---------|----------|---------------------------------|---------|----------------|----------------|---------------|----------|----------|----------|
| pila/spalla | statica | dinamica | diam. Palo | N° pali | lunghezza palo | | Qlim_d | Qlim_u | | |
| | kN | kN | m | | m | kN | kN | | | |
| Pila1 | 5867.2 | 3649.5 | 1.5 | 6 | 24 | 263.85 | 7567.04 | 6132.488 | ok | ok |
| Pila2 | 6260.1 | 4108.6 | 1.5 | 6 | 24 | 263.85 | 7201.885 | 5981.281 | ok | ok |
| Pila3 | 6476.5 | 4429.6 | 1.5 | 6 | 24 | 263.61 | 7041.886 | 6068.582 | ok | ok |
| Pila4 | 6305.7 | 4306.3 | 1.5 | 6 | 24 | 263.38 | 7042.658 | 6028.238 | ok | ok |

CARR. SX - Riepilogo dei risultati

9.2.2 S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale

Il calcolo del carico limite orizzontale dei pali viene effettuato secondo il metodo proposto da Broms per terreni coesivi. Tale carico limite è funzione della lunghezza del palo e del momento di plasticizzazione. Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo del carico limite trasversale del palo più sollecitato.

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

| | | | | |
|-------|---|--------|-----|---|
| D | = | 1.50 | m | diametro palo |
| L | = | 24.00 | m | lunghezza palo |
| M_y | = | 2150.0 | kNm | momento di plasticizzazione del palo |
| c_u | = | 158.2 | kPa | coesione non drenata (scalata per il fattore di correlazione) |

palo corto

| | | | | |
|-------------|---|----------|-----|------------------------------|
| $Q_{lim,1}$ | = | 46441.7 | kN | carico limite per palo corto |
| M_{max} | = | 609547.1 | kNm | momento massimo |

palo intermedio

| | | | | |
|-------------|---|----------|-----|-----------------------------------|
| $Q_{lim,2}$ | = | 16866.3 | kN | carico limite per palo intermedio |
| f | = | 7.9 | m | |
| M_{max} | = | 102412.4 | kNm | momento massimo |

palo lungo

| | | | | |
|-------------|---|------------|----|------------------------------|
| $Q_{lim,3}$ | = | 1633.4 | kN | carico limite per palo lungo |
| MR | | PALO LUNGO | | meccanismo di rottura |
| $Q_{lim,m}$ | = | 1633.4 | kN | carico limite (valore medio) |

| | |
|---|---|
| CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo | Opera: Viadotto Santuzza II |
| | Relazione di Calcolo Pile |
| | Pagina 95 di 95 |
| | Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc |

| | | | |
|-------------|---|-----------------|---------------------------------------|
| ξ_3 | = | 1.50 | fattore di correlazione |
| $Q_{lim,k}$ | = | 1089.0 kN | carico limite (valore caratteristico) |
| γ_T | = | 1.30 | coefficiente parziale |
| $Q_{lim,d}$ | = | 837.7 kN | carico limite (valore di progetto) |
| F_h | = | 202.0 kN | azione trasversale testa palo |
| FS | | 4.15 | |

La verifica risulta soddisfatta.