

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 Busita II

Relazione di calcolo Pile - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 5 0 V I 2 0 7 V I 0 7 C C L 0 0 5 C -

Scala:

| | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|--|-----------------------|-------------|-----------|-------------|
| F | | | | | | |
| E | | | | | | |
| D | | | | | | |
| C | Ottobre 2011 | Rif. Istruttoria prot. CDG-0141142-P del 19/10/11 | T. FASOLO | F. NIGRELLI | M. LITI | P. PAGLINI |
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 1 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.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> | 11 |
| 2.2.5 | <i>Carichi mobili (q1)</i> | 12 |
| 2.2.6 | <i>Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)</i> | 12 |
| 2.2.7 | <i>Azione di frenatura/accelerazione (q3)</i> | 13 |
| 2.2.8 | <i>Forza centrifuga (Q4)</i> | 13 |
| 2.2.9 | <i>Azione di neve, vento (q5)</i> | 13 |
| 2.2.10 | <i>Azione sismica (q6)</i> | 14 |
| 2.2.11 | <i>Resistenza parassita dei vincoli (q7)</i> | 16 |
| 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> | 18 |
| 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> | 20 |
| 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> | 23 |
| 3.3.3 | <i>Sollecitazioni sulla palificata</i> | 25 |
| 4 | VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE | 36 |
| 4.1 | S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE | 36 |
| 4.2 | S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO | 41 |
| 4.3 | S.L.E. – FESSURAZIONE | 43 |
| 4.4 | S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI | 44 |
| 5 | EFFETTI DEL SECONDO ORDINE | 47 |
| 5.1 | METODO DELLA CURVATURA NOMINALE | 47 |
| 5.1.1 | <i>Valutazione della snellezza</i> | 47 |
| 5.1.2 | <i>Viscosità</i> | 48 |
| 5.1.3 | <i>Momenti flettenti</i> | 48 |
| 5.1.4 | <i>Curvatura</i> | 49 |
| 5.1.5 | <i>Flessione deviata</i> | 49 |
| 5.2 | VERIFICA ALL'INSTABILITÀ | 51 |
| 5.2.1 | <i>Momenti di calcolo al secondo ordine</i> | 51 |
| 5.2.2 | <i>Verifica di resistenza per l'instabilità</i> | 56 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 2 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6 | VERIFICA DEL PULVINO | 61 |
| 6.1 | VERIFICA BAGGIOLI | 62 |
| 7 | VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE | 64 |
| 7.1 | VERIFICHE STRUTTURALI | 64 |
| 7.1.1 | S.L.U. – Resistenza: presso-flessione | 65 |
| 7.1.2 | S.L.U. – Resistenza: taglio..... | 66 |
| 7.1.3 | S.L.E. – Fessurazione | 68 |
| 7.1.4 | S.L.E. – Limitazione delle tensioni | 69 |
| 7.2 | VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI | 71 |
| 7.2.1 | S.L.U. – Verifica a carico limite verticale | 71 |
| 7.2.2 | S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale | 74 |
| 7.2.2.1 | Criteri di calcolo del carico limite orizzontale | 74 |
| 7.2.2.2 | Criteri di verifica..... | 74 |
| 7.2.2.3 | Risultati carreggiata sinistra..... | 74 |
| 8 | DISPOSITIVI ANTISISMICI | 75 |
| 9 | ANALISI DEI PLINTI DI FONDAZIONE | 78 |
| 9.1 | PLINTO P01 – TIPO D SU 6 PALI | 79 |
| 9.1.1 | Analisi dei carichi e combinazioni di carico | 80 |
| 9.1.2 | Sollecitazioni | 89 |
| 9.1.3 | Verifica della sezione del plinto | 91 |
| 9.1.3.1 | S.L.U. – Resistenza: presso-flessione | 91 |
| 9.1.3.2 | S.L.U. – Resistenza: taglio..... | 91 |
| 9.1.3.3 | S.L.E. – Fessurazione | 93 |
| 9.1.3.4 | S.L.E. – Limitazione delle tensioni..... | 97 |
| 9.2 | PLINTO P03 – TIPO B SU 9 PALI | 101 |
| 9.2.1 | Analisi dei carichi e combinazioni di carico..... | 102 |
| 9.2.2 | Sollecitazioni | 115 |
| 9.2.3 | Verifica della sezione del plinto | 117 |
| 9.2.3.1 | S.L.U. – Resistenza: presso-flessione | 117 |
| 9.2.3.2 | S.L.U. – Resistenza: taglio..... | 117 |
| 9.2.3.3 | S.L.E. – Fessurazione | 119 |
| 9.2.3.4 | S.L.E. – Limitazione delle tensioni..... | 124 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 3 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

1 GENERALITÀ

1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle pile della carreggiata destra del viadotto Busita 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 1575 m. La carreggiata di destra è composta da 4 campate, mentre quella di sinistra da 3, con campata maggiore di luce pari a 88.0 m.

| campate carr. SX | L [m] |
|------------------|-------|
| 1 | 30.0 |
| 2 | 46.0 |
| 3 | 61.0 |
| 4 | 88.0 |
| 5 | 61.0 |

| campate carr. DX | L [m] |
|------------------|-------|
| 1 | 44.0 |
| 2 | 61.0 |
| 3 | 88.0 |
| 4 | 61.0 |

L'impalcato di ciascuna carreggiata è realizzato in acciaio-clt 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 ed aventi altezza variabile da un minimo di 2.20 m (nell'intero sviluppo delle prime due campate della carreggiata sinistra ed in quello della prima campata della carreggiata destra) ad un massimo di 4.20 m (in corrispondenza delle pile 3 e 4 della carreggiata sinistra e delle pile 2 e 3 della carreggiata destra); lo sviluppo longitudinale è suddiviso in conci collegati mediante giunzioni saldate a completo ripristino.

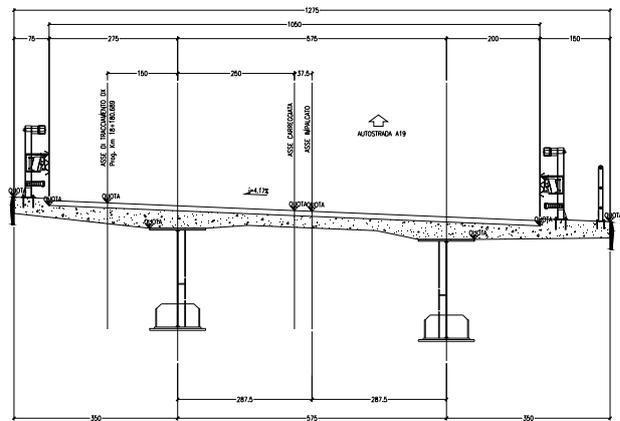
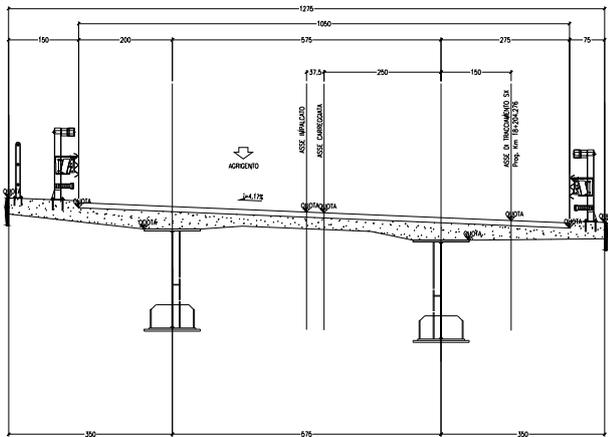
I traversi sono ad anima piena con sezione trasversale a doppia "T".

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, e spessore variabile, pari a 370 mm in asse travi e 245 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, 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.



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 × 3.00 m, 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.

| carreggiata SX | |
|----------------|-------|
| pila | H [m] |
| P01 | 14.26 |
| P02 | 25.06 |
| P03 | 34.66 |
| P04 | 27.46 |

| carreggiata DX | |
|----------------|-------|
| pila | H [m] |
| P01 | 19.06 |
| P02 | 31.06 |
| P03 | 29.86 |

Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro (D=1500mm). In particolare le palificate della carreggiata destra è così composta:

| Carreggiata SX | Diametro palo | n° Pali | Lunghezza palo |
|----------------|---------------|---------|----------------|
| Pila 1 | 1500 | 6 | 32.00 |
| Pila 2 | 1500 | 12 | 33.00 |
| Pila 3 | 1500 | 9 | 38.00 |

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.

Nelle seguenti figure si illustra la geometria delle pile attraverso la pianta spiccato (differente a seconda della tipologia di palificata), un prospetto laterale ed una sezione trasversale.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 5 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

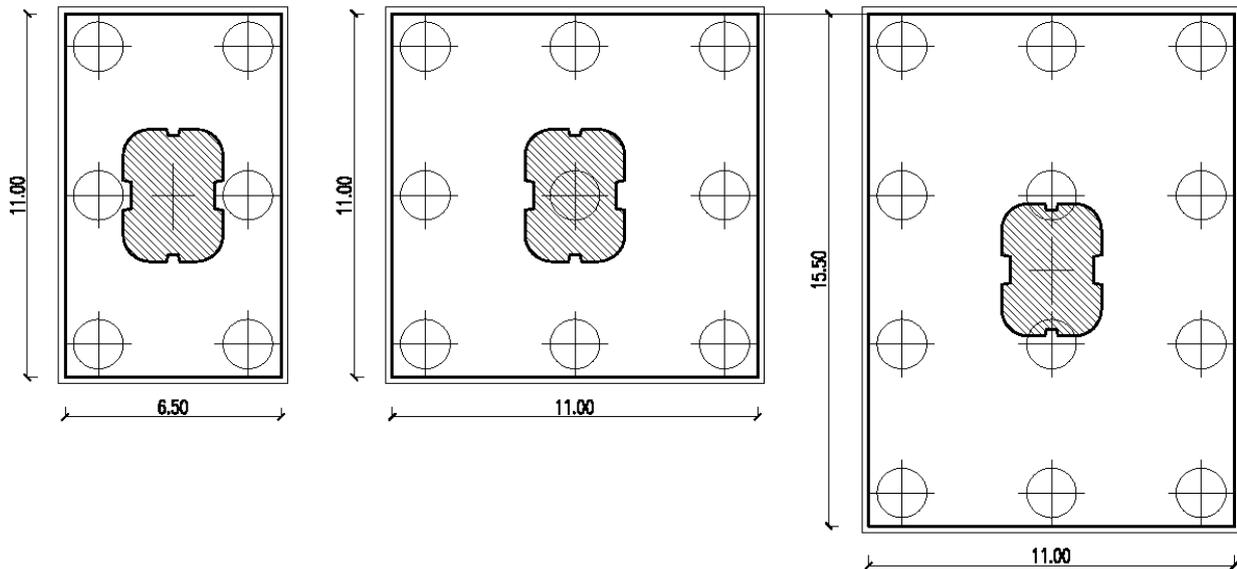


Figura 1: Tipologia zattera di fondazione carreggiata DX.

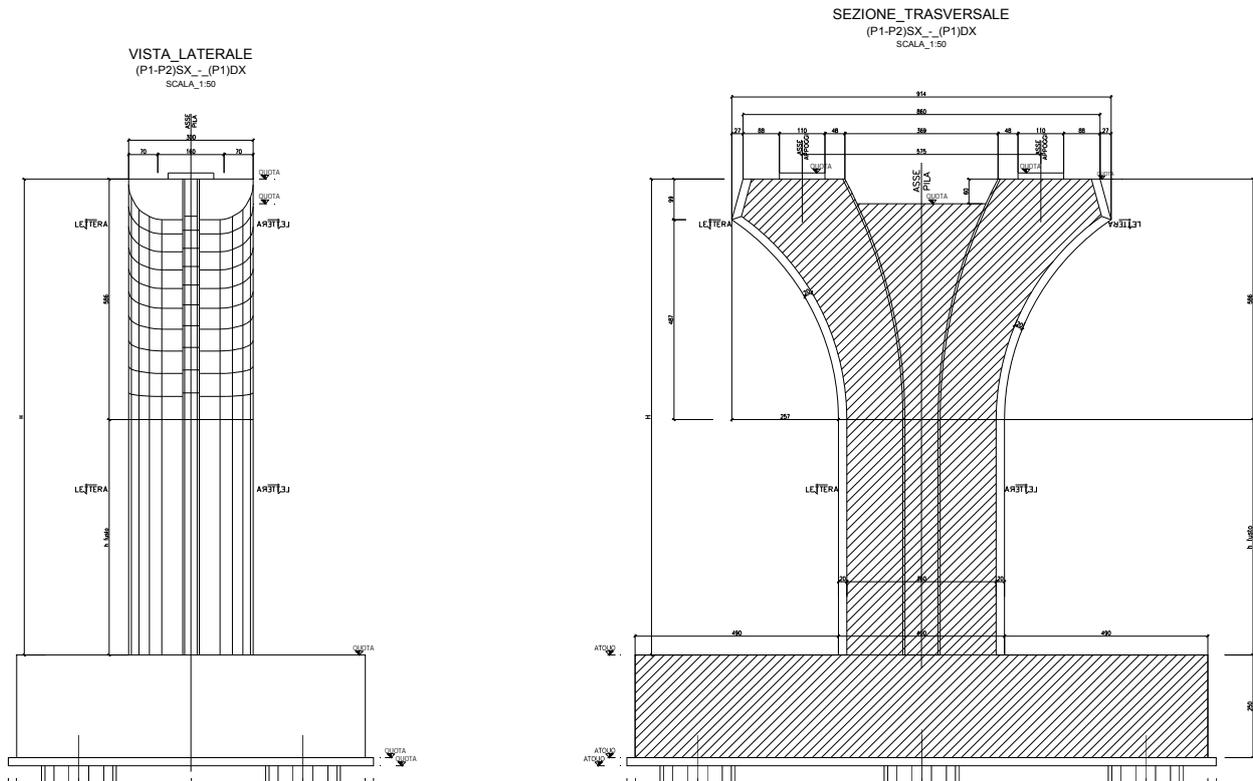


Figura 2: Sezione Pila.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 6 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.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'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, si applicheranno le seguenti classi di esposizione:

- pali: XC2;
- zattere pile: XA1;
- elevazione pile e pulvini: XF2;
- baggioli: XF4;
- soletta impalcato, cordoli e marciapiedi: XD2.

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

PALI C25/30

| | | | |
|---------------|---|---------------|---|
| R_{ck} | = | 30 MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 24.90 MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{ckj} | = | 20.67 MPa | resistenza caratteristica cilindrica a j giorni |
| f_{cm} | = | 32.90 MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.56 MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 3.33 MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{cfm} | = | 3.07 MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| E_{cm} | = | 31447 MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_c | = | 1.50 | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 14.11 MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 2.22 MPa | resistenza di calcolo a trazione |

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

ZATTERE PILE, ELEVAZIONE PILE E PULVINI C28/35

| | | | |
|------------|---|---------------|---|
| R_{ck} | = | 35 MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 29.05 MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{ckj} | = | 24.11 MPa | resistenza caratteristica cilindrica a j giorni |
| f_{cm} | = | 37.05 MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.83 MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 3.69 MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{cfm} | = | 3.40 MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| E_{cm} | = | 32588 MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 7 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | |
|---------------|---|-------------|---|
| α_{cc} | = | 0.85 | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.46 MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 2.46 MPa | resistenza di calcolo a trazione |

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

BAGGIOLI C35/45

| | | | |
|---------------|---|---------------|---|
| R_{ck} | = | 45 MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 37.35 MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{ckj} | = | 31.00 MPa | resistenza caratteristica cilindrica a j giorni |
| f_{cm} | = | 45.35 MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 3.35 MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 4.36 MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{cfm} | = | 4.02 MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| E_{cm} | = | 34625 MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_c | = | 1.50 | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 21.17 MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 2.91 MPa | resistenza di calcolo a trazione |

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

SOLETTA IMPALCATO, CORDOLI E MARCIAPIEDI C32/40

| | | | |
|---------------|---|---------------|---|
| R_{ck} | = | 40 MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 33.20 MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{ckj} | = | 27.56 MPa | resistenza caratteristica cilindrica a j giorni |
| f_{cm} | = | 41.20 MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 3.10 MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 4.03 MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{cfm} | = | 3.72 MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| E_{cm} | = | 33643 MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_c | = | 1.50 | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 18.81 MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 2.69 MPa | resistenza di calcolo a trazione |

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 8 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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

B450C

| | | | |
|-------------|--------|-------------------|--|
| $f_{y,nom}$ | = | 450 MPa | tensione nominale di snervamento |
| $f_{t,nom}$ | = | 540 MPa | tensione nominale di rottura |
| f_{yk} | \geq | $f_{y,nom}$ | tensione caratteristica di snervamento |
| f_{tk} | \geq | $f_{t,nom}$ | tensione caratteristica di rottura |
| E_s | = | 200000 MPa | modulo elastico istantaneo |
| γ_c | = | 1.15 | coefficiente parziale di sicurezza |
| f_{yd} | = | 391.3 MPa | tensione di snervamento di calcolo |

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

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 9 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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 destra 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. Per riprodurre il comportamento rigido nel piano trasversale, garantito dalla presenza della soletta, sono stati assegnati dei vincoli rigidi in corrispondenza dei nodi dei trasversi. 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:

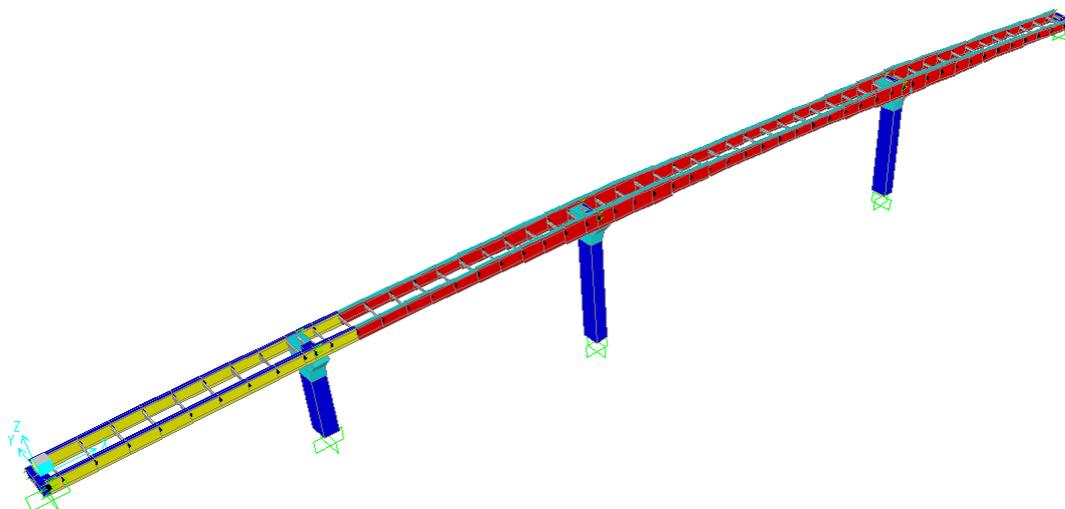
$$K_e = 5.30 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$

$$K_v = 3546 \text{ kN/mm (rigidezza verticale);}$$

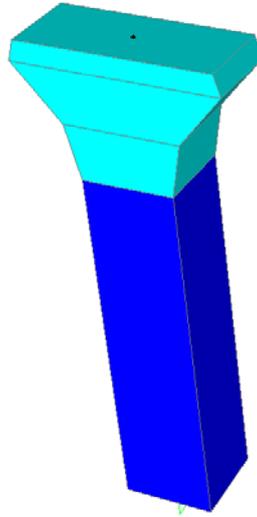
Anche sulle spalle sono previsti isolatori elastomerici aventi le medesime caratteristiche di quelli predisposti sulle pile, pertanto, trascurando la deformabilità delle spalle rispetto a quella dei dispositivi sismici, ossia ipotizzando che il moto sismico dell'impalcato risulti disaccoppiato rispetto 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.



| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 10 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |



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:

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

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 ($g_{1.1a}$) viene fatto calcolare automaticamente dal codice di calcolo, mentre il peso degli irrigidimenti, dei pioli e della carpenteria minuta in generale ($g_{1.1a}$) è stato inserito come carico uniformemente distribuito sulle due travi, sulla base di un'incidenza assunta pari a 0.075 kPa.

| | | | |
|------------|---|------------------|---|
| $g_{1.1b}$ | = | 0.075 kPa | incidenza carpenteria minuta |
| B | = | 12.75 m | larghezza impalcato |
| n | = | 2 | numero travi |
| $g_{1.1b}$ | = | 0.48 kN/m | peso carpenteria minuta su ciascuna trave |

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

| | | | |
|----------------------|---|-----------------------------|--|
| A | = | 3.94 mq | area sezione trasversale soletta |
| γ | = | 25 kN/m ³ | peso specifico calcestruzzo |
| n | = | 2 | numero travi |
| g_{soletta} | = | 49.25 kN/m | peso soletta su ciascuna trave (cordoli inclusi) |

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.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 11 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

2.2.2 Permanenti portati su impalcato (g2)

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

| | carico unitario [kPa] | larghezza [m] | carico lineare [kN/m] | |
|---------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|--------------------------------|
| g _{2.1.sx} | 2.50 | 5.63 | 14.06 | pavimentazione lato trave sx |
| g _{2.1.dx} | 2.50 | 4.88 | 12.19 | 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} | - | - | 0.50 | barriera dx |
| g _{2.5.sx} | - | - | 1.00 | veletta sx |
| g _{2.5.dx} | - | - | 1.00 | veletta dx |
| g ₂ | | | 30.75 | permanente portato totale |
| g _{2.sx} | | | 16.06 | permanente portato su trave sx |
| g _{2.dx} | | | 14.69 | permanente portato su trave dx |

2.2.3 Effetti del ritiro (ε₂)

Assumendo in questa fase una deformazione di ritiro pari allo 0.3%, gli effetti iperstatici del ritiro vengono schematizzati mediante deformazioni impresse (accorciamento e curvatura) derivanti da forze e coppie originate dalla deformazione di ritiro. 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; considerando poi la dipendenza di tale fenomeno dalla geometria della sezione, si assumono valori differenti per il tratto dell'impalcato con travi ad altezza costante (prima colonna della seguente tabella), e per il tratto con travi ad altezza variabile (dove per semplicità si è operata una media delle caratteristiche geometriche, considerando una sezione di altezza pari a 3.20 m).

| | | | | | |
|------------------|---|----------------|-------------|----------------|--|
| ε _{sh} | = | 0.00030 | 0.00030 | | deformazione da ritiro |
| E* _c | = | 11214 | 11214 | MPa | modulo elastico ridotto cls per fenomeni viscosi |
| σ _{sh} | = | 3.36 | 3.36 | MPa | trazione nel calcestruzzo |
| A _c | = | 3.94 | 3.94 | m ² | area conglomerato |
| N _{sh} | = | 13255 | 13255 | kN | trazione nella soletta |
| e | = | 0.85 | 1.23 | m | eccentricità rispetto a baric sezione composta |
| M _{sh} | = | 11223 | 16331 | kN*m | momento flettente |
| n | = | 2 | 2 | | numero travi |
| N _{rt} | = | 6628 | 6628 | kN | compressione su ciascuna trave |
| M _{rt} | = | 5612 | 8166 | kN*m | momento flettente su ciascuna trave |
| A _{SAP} | = | 0.40 | 0.51 | m ² | area della sezione composta |
| J _{SAP} | = | 0.22 | 0.47 | m ⁴ | momento di inerzia della sezione composta |
| ε _{rit} | = | -7.89E-05 | -6.21E-05 | | |
| χ _{rit} | = | -1.21E-04 | -8.36E-05 | | |

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 ΔT_{M1} = +15 °C/m (estradosso più caldo dell'intradosso) e ΔT_{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: ΔT_{N1} = -26 °C e ΔT_{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.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 12 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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, 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:

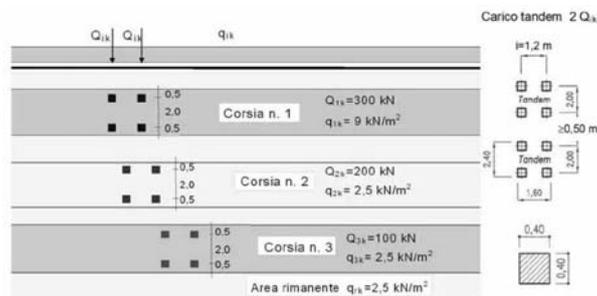
- Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza di 3.00 m.

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.



Le stese dei carichi mobili prima definite sono state poste sull'impalcato nelle posizioni tali da produrre le sollecitazioni e le deformazioni più gravose, sia nelle membrature dell'impalcato sia nelle sottostrutture. La ricerca delle disposizioni sia longitudinali che trasversali dei carichi mobili più gravose è stata effettuata in maniera automatica dal codice di calcolo impiegato per l'analisi dell'impalcato. Infatti, il programma di calcolo SAP2000 esegue l'analisi delle sollecitazioni dovute ai carichi mobili partendo dalle linee d'influenza di ciascuna sezione e sommando soltanto i termini che contribuiscono a massimizzare il valore assoluto della sollecitazione stessa (rispettivamente per i valori massimi ed i valori minimi).

In tale maniera si ottempera a quanto previsto dalla Normativa che prevede che i carichi mobili siano disposti lungo l'asse della corsia nel modo più sfavorevole (disposizione a scacchiera).

In aggiunta allo schema di carico 1 deve essere considerato anche lo schema di carico 5, corrispondente alla presenza di folla compatta, ridotto del 50%: esso va modellato come un carico uniformemente ripartito di 2.5 kN/m² agente sui due marciapiedi di larghezza pari a 1.50 m. Lo schema di carico 5 deve inoltre essere considerato al 100% come alternativa allo schema 1.

2.2.6 Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)

I carichi mobili prima descritti includono già gli effetti di amplificazione dinamica per pavimentazione di media rugosità.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 13 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

2.2.7 Azione di frenatura/accelerazione (q3)

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

$$180 \text{ kN} \leq Q_3 = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.1 \times q_{1k} \times w_1 \times L \leq 900 \text{ kN}$$

| | | | |
|----------|---|-----------|---|
| w_1 | = | 3.00 m | larghezza corsie convenzionali |
| Q_{1k} | = | 300 kN | singolo asse Q1k |
| q_{1k} | = | 9 kPa | carico uniformemente distribuito |
| L | = | 254 m | lunghezza del viadotto |
| Q_3 | = | 900 kN | forza di frenatura (accelerazione) sull'intero viadotto |
| q_{3l} | = | 1.77 kN/m | azione di frenatura per unità di lunghezza su singola trave |

2.2.8 Forza centrifuga (Q4)

Essendo il raggio di curvatura molto elevato tale azione risulta nulla.

| | | | |
|-------|---|------------|---------------------------------------|
| R | = | 1575 m | raggio della curva |
| Q_v | = | 1200.00 kN | carico totale dovuto agli assi tandem |
| Q_4 | = | 0.00 kN | azione centrifuga |
| L | = | 254 m | lunghezza tratto in curva |
| q_4 | = | 0.00 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).

Vento su impalcato

| | | | | | | |
|-------------|---|-------|-------|-------|-------------------|---|
| zona | = | 4 | 4 | 4 | | sicilia |
| $v_{b,0}$ | = | 28 | 28 | 28 | m/s | |
| a_0 | = | 500 | 500 | 500 | m | |
| k_a | = | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 1/s | |
| a_s | = | 495 | 495 | 495 | m | altitudine del sito |
| v_b | = | 28 | 28 | 28 | m/s | velocità di riferimento |
| ρ | = | 1.25 | 1.25 | 1.25 | kg/m ³ | densità dell'aria |
| q_b | = | 0.490 | 0.490 | 0.490 | kN/m ² | pressione cinetica di riferimento |
| | = | D | D | D | | classe di rugosità del terreno |
| c_t | = | 1 | 1 | 1 | | coefficiente di topografia |
| | = | II | II | II | | categoria di esposizione del sito |
| k_r | = | 0.19 | 0.19 | 0.19 | | |
| Z_0 | = | 0.05 | 0.05 | 0.05 | m | |
| Z_{min} | = | 4.00 | 4.00 | 4.00 | m | |
| z | = | 47.00 | 47.00 | 47.00 | m | altezza sul suolo (massima) |
| c_e | = | 3.42 | 3.42 | 3.42 | | coefficiente di esposizione |
| c_p | = | 1 | 1 | 1 | | coefficiente di forma |
| c_d | = | 1 | 1 | 1 | | coefficiente dinamico |
| p | = | 1.68 | 1.68 | 1.68 | kN/m ² | pressione del vento |
| H_{vc} | = | 3.00 | 3.00 | 3.00 | m | altezza veicolo convenzionale |
| H_{imp} | = | 2.51 | 3.51 | 4.51 | m | altezza impalcato |
| H_{vento} | = | 5.51 | 6.51 | 7.51 | m | altezza superficie di spinta |
| F_{vento} | = | 9.24 | 10.91 | 12.59 | kN/m | azione del vento su impalcato |
| Y_G | = | 1.89 | 2.65 | 3.40 | m | distanza da intradosso baricentro impalcato |
| e | = | 0.87 | 0.60 | 0.35 | 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 14 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | | | |
|-------------|---|------|------|------|-------|--------------------------------------|
| M_{vento} | = | 8.02 | 6.56 | 4.45 | kNm/m | coppia torcente |
| d_b | = | 5.75 | 5.75 | 5.75 | m | interasse travi |
| Q_{5v} | = | 1.39 | 1.14 | 0.77 | kN/m | azione verticale su travi di bordo |
| Q_{5h} | = | 4.62 | 5.46 | 6.30 | kN/m | azione orizzontale su ciascuna trave |

Vento su pile

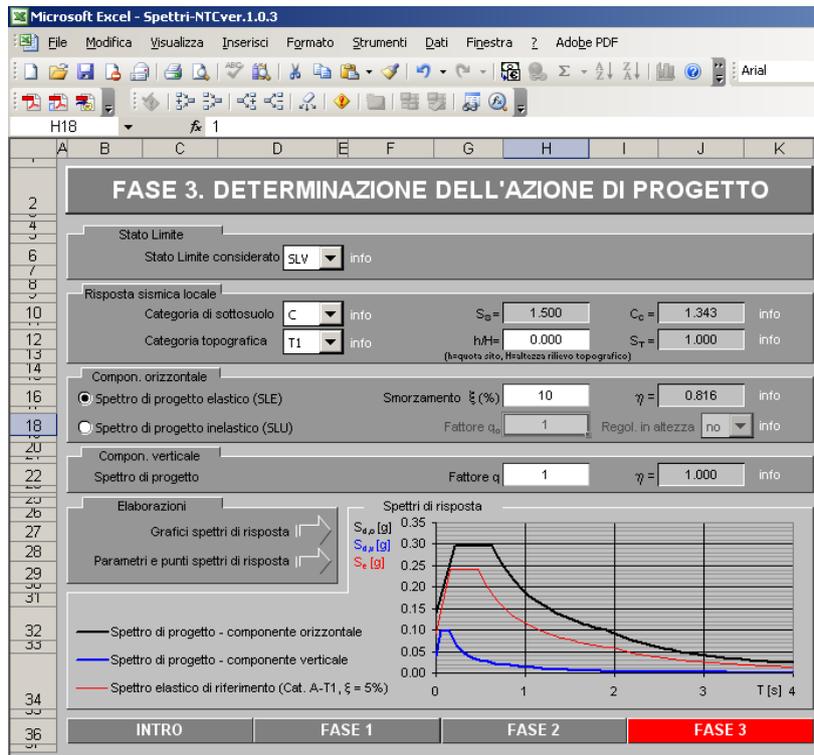
| | | | | | | |
|--------------|---|------|------|------|------|--------------------------------------|
| B | = | 3 | 3 | 3 | m | larghezza pila |
| $Q_{5,pile}$ | = | 5.03 | 5.03 | 5.03 | kN/m | azione del vento trasversale su pile |

Nella precedente tabella, la prima colonna fa riferimento al tratto con travi ad altezza costante (2.20 m), la seconda e la terza ai tratti con travi ad altezza variabile (considerando rispettivamente 3.20 m e 4.20 m); tali valori sono stati opportunamente inseriti nel modello per approssimare la differente altezza della superficie di spinta che l'azione del vento investe.

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 seguenti parametri:



Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3

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

| Parametri indipendenti | |
|------------------------|---------|
| STATO LIMITE | SLV |
| a_g | 0.091 g |
| F_g | 2.648 |
| T_C | 0.475 s |
| S_S | 1.500 |
| C_C | 1.343 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.225 |

| Punti dello spettro di risposta | |
|---------------------------------|--------|
| T [s] | Se [g] |
| 0.000 | 0.137 |
| 0.212 | 0.237 |
| 0.637 | 0.237 |
| 0.700 | 0.270 |
| 0.764 | 0.247 |
| 0.827 | 0.228 |
| 0.890 | 0.212 |
| 0.954 | 0.198 |
| 1.017 | 0.186 |
| 1.080 | 0.175 |
| 1.143 | 0.165 |
| 1.207 | 0.157 |
| 1.270 | 0.149 |
| 1.333 | 0.142 |
| 1.396 | 0.135 |
| 1.460 | 0.129 |
| 1.523 | 0.124 |
| 1.586 | 0.119 |
| 1.649 | 0.115 |
| 1.713 | 0.110 |
| 1.776 | 0.106 |
| 1.839 | 0.103 |
| 1.903 | 0.099 |
| 1.966 | 0.096 |
| 2.063 | 0.087 |
| 2.160 | 0.080 |
| 2.256 | 0.073 |
| 2.353 | 0.067 |
| 2.450 | 0.062 |
| 2.547 | 0.057 |
| 2.644 | 0.053 |
| 2.741 | 0.049 |
| 2.838 | 0.046 |
| 2.934 | 0.043 |
| 3.031 | 0.040 |
| 3.128 | 0.038 |
| 3.225 | 0.036 |
| 3.322 | 0.034 |
| 3.419 | 0.032 |
| 3.516 | 0.030 |
| 3.613 | 0.028 |
| 3.709 | 0.027 |
| 3.806 | 0.026 |
| 3.903 | 0.024 |
| 4.000 | 0.023 |

Parametri dipendenti

| | |
|----------|---------|
| S | 1.500 |
| γ | 0.816 |
| T_B | 0.212 s |
| T_C | 0.637 s |
| T_D | 1.966 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s, S_T$ (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)

$0 \leq T < T_B$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + 1 - \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$

$T_B \leq T < T_C$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$

$T_C \leq T < T_D$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_D \leq T$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T} \right)$

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 ηq , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 §.3.2.3.5)

Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3

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

| Parametri indipendenti | |
|------------------------|---------|
| STATO LIMITE | SLV |
| a_{gv} | 0.037 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 |

| Punti dello spettro di risposta | |
|---------------------------------|--------|
| T [s] | Se [g] |
| 0.000 | 0.037 |
| 0.050 | 0.039 |
| 0.150 | 0.039 |
| 0.235 | 0.063 |
| 0.320 | 0.046 |
| 0.405 | 0.037 |
| 0.490 | 0.030 |
| 0.575 | 0.026 |
| 0.660 | 0.022 |
| 0.745 | 0.020 |
| 0.830 | 0.018 |
| 0.915 | 0.016 |
| 1.000 | 0.015 |
| 1.094 | 0.012 |
| 1.188 | 0.011 |
| 1.281 | 0.009 |
| 1.375 | 0.008 |
| 1.469 | 0.007 |
| 1.563 | 0.006 |
| 1.656 | 0.005 |
| 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 | 0.001 |
| 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 |

Parametri dipendenti

| | |
|----------|-------|
| F_v | 1.081 |
| S | 1.000 |
| γ | 1.000 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s, S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)

$F_v = 1,35 \cdot F_0 \left(\frac{a_g}{g} \right)^{1,5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.10)

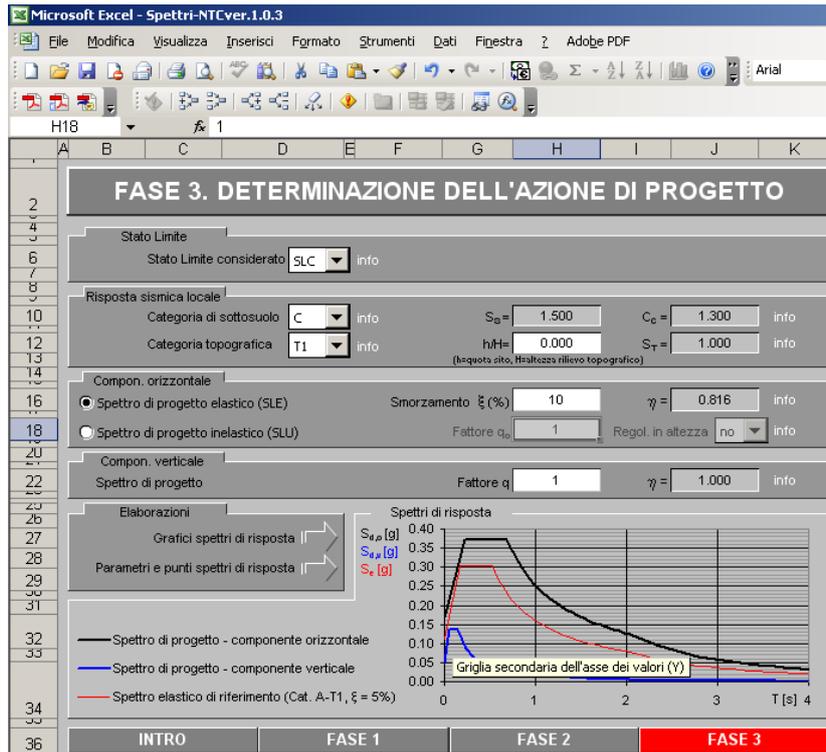
Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

$T_B \leq T < T_C$ $S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$

$T_C \leq T < T_D$ $S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_D \leq T$ $S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C T_D}{T} \right)$



Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3

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

| Parametri indipendenti | |
|------------------------|---------|
| STATO LIMITE | SLC |
| a_g | 0.111 g |
| F_0 | 2.735 |
| T_C | 0.524 s |
| S_S | 1.500 |
| C_C | 1.300 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.225 |

| Punti dello spettro di risposta | |
|---------------------------------|--------|
| T [s] | Se [g] |
| 0.000 | 0.167 |
| 0.227 | 0.373 |
| 0.681 | 0.373 |
| 0.746 | 0.340 |
| 0.810 | 0.313 |
| 0.875 | 0.290 |
| 0.940 | 0.270 |
| 1.005 | 0.252 |
| 1.070 | 0.237 |
| 1.135 | 0.223 |
| 1.200 | 0.211 |
| 1.265 | 0.200 |
| 1.330 | 0.191 |
| 1.395 | 0.182 |
| 1.460 | 0.174 |
| 1.525 | 0.166 |
| 1.590 | 0.159 |
| 1.655 | 0.153 |
| 1.720 | 0.147 |
| 1.785 | 0.142 |
| 1.850 | 0.137 |
| 1.915 | 0.132 |
| 1.980 | 0.128 |
| 2.045 | 0.124 |
| 2.138 | 0.113 |
| 2.231 | 0.104 |
| 2.324 | 0.096 |
| 2.417 | 0.089 |
| 2.510 | 0.082 |
| 2.603 | 0.076 |
| 2.697 | 0.071 |
| 2.790 | 0.067 |
| 2.883 | 0.062 |
| 2.976 | 0.059 |
| 3.069 | 0.055 |
| 3.162 | 0.052 |
| 3.255 | 0.049 |
| 3.348 | 0.046 |
| 3.441 | 0.044 |
| 3.534 | 0.041 |
| 3.628 | 0.039 |
| 3.721 | 0.037 |
| 3.814 | 0.036 |
| 3.907 | 0.034 |
| 4.000 | 0.032 |

| Parametri dipendenti | |
|----------------------|---------|
| S | 1.500 |
| γ | 0.816 |
| T_B | 0.227 s |
| T_C | 0.681 s |
| T_D | 2.045 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s, S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{0.05(S+8)} \geq 0.55, \eta = 1/q$ (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)

$0 \leq T < T_B$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$

$T_B \leq T < T_C$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$

$T_C \leq T < T_D$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_D \leq T$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

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

Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3

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

| Parametri indipendenti | |
|------------------------|---------|
| STATO LIMITE | SLC |
| a_{gv} | 0.050 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 |

| Punti dello spettro di risposta | |
|---------------------------------|--------|
| T [s] | Se [g] |
| 0.000 | 0.050 |
| 0.050 | 0.137 |
| 0.150 | 0.137 |
| 0.235 | 0.087 |
| 0.320 | 0.064 |
| 0.405 | 0.051 |
| 0.490 | 0.042 |
| 0.575 | 0.036 |
| 0.660 | 0.031 |
| 0.745 | 0.028 |
| 0.830 | 0.025 |
| 0.915 | 0.022 |
| 1.000 | 0.021 |
| 1.094 | 0.017 |
| 1.188 | 0.015 |
| 1.281 | 0.013 |
| 1.375 | 0.011 |
| 1.469 | 0.010 |
| 1.563 | 0.008 |
| 1.656 | 0.007 |
| 1.750 | 0.007 |
| 1.844 | 0.006 |
| 1.938 | 0.005 |
| 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 | 0.002 |
| 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 | 0.001 |
| 3.813 | 0.001 |
| 3.906 | 0.001 |
| 4.000 | 0.001 |

| Parametri dipendenti | |
|----------------------|-------|
| F_v | 1.231 |
| S | 1.000 |
| γ | 1.000 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s, S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)

$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{1,5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

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

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

$T_B \leq T < T_C$ $S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$

$T_C \leq T < T_D$ $S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_D \leq T$ $S_d(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

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 6.52 kN/m per la trave di destra e 6.71 kN/m per quella di sinistra.

Sono stati considerati 50 modi di vibrare. 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)

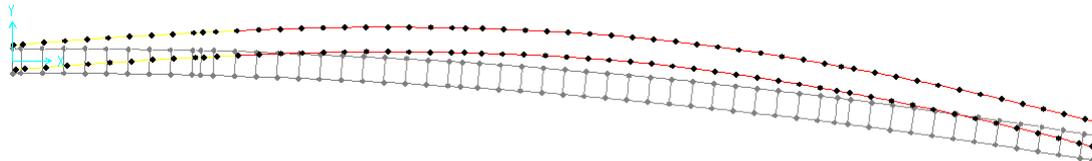
Associati ai carichi verticali si considerano delle azioni orizzontali che a favore di sicurezza vengono valutati pari all'1% dei carichi verticali (tali azioni non sarebbero presenti in questa opera poichè non esiste un punto fisso rispetto al quale l'impalcato tende ad incipiente movimento) tenendo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

2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

| TABLE: Modal Periods And Frequencies | | | | | |
|--------------------------------------|----------|--------|-----------|----------|------------|
| StepType | StepNum | Period | Frequency | CircFreq | Eigenvalue |
| Text | Unitless | Sec | Cyc/sec | rad/sec | rad2/sec2 |
| Mode | 1 | 2.765 | 0.362 | 2.273 | 5.164 |
| Mode | 2 | 2.388 | 0.419 | 2.631 | 6.921 |
| Mode | 3 | 1.743 | 0.574 | 3.604 | 12.987 |
| Mode | 4 | 1.206 | 0.829 | 5.210 | 27.144 |
| Mode | 5 | 1.193 | 0.838 | 5.268 | 27.748 |
| Mode | 6 | 1.006 | 0.994 | 6.244 | 38.984 |
| Mode | 7 | 0.907 | 1.102 | 6.927 | 47.980 |
| Mode | 8 | 0.862 | 1.160 | 7.289 | 53.124 |
| Mode | 9 | 0.805 | 1.243 | 7.810 | 60.993 |
| Mode | 10 | 0.767 | 1.304 | 8.190 | 67.074 |
| Mode | 11 | 0.688 | 1.453 | 9.131 | 83.372 |
| Mode | 12 | 0.682 | 1.467 | 9.217 | 84.955 |
| Mode | 13 | 0.605 | 1.652 | 10.382 | 107.790 |
| Mode | 14 | 0.562 | 1.779 | 11.177 | 124.930 |
| Mode | 15 | 0.515 | 1.943 | 12.207 | 149.020 |
| Mode | 16 | 0.470 | 2.129 | 13.375 | 178.890 |
| Mode | 17 | 0.451 | 2.218 | 13.936 | 194.200 |
| Mode | 18 | 0.447 | 2.239 | 14.066 | 197.870 |
| Mode | 19 | 0.422 | 2.370 | 14.894 | 221.820 |
| Mode | 20 | 0.350 | 2.855 | 17.939 | 321.810 |
| Mode | 21 | 0.324 | 3.087 | 19.393 | 376.080 |
| Mode | 22 | 0.312 | 3.207 | 20.151 | 406.080 |
| Mode | 23 | 0.289 | 3.463 | 21.759 | 473.470 |
| Mode | 24 | 0.213 | 4.689 | 29.459 | 867.840 |
| Mode | 25 | 0.212 | 4.719 | 29.647 | 878.960 |

| TABLE: Modal Periods And Frequencies | | | | | |
|--------------------------------------|----------|--------|-----------|----------|------------|
| StepType | StepNum | Period | Frequency | CircFreq | Eigenvalue |
| Text | Unitless | Sec | Cyc/sec | rad/sec | rad2/sec2 |
| Mode | 26 | 0.206 | 4.865 | 30.566 | 934.270 |
| Mode | 27 | 0.201 | 4.971 | 31.230 | 975.340 |
| Mode | 28 | 0.197 | 5.079 | 31.910 | 1018.200 |
| Mode | 29 | 0.174 | 5.746 | 36.103 | 1303.400 |
| Mode | 30 | 0.171 | 5.852 | 36.770 | 1352.100 |
| Mode | 31 | 0.165 | 6.051 | 38.016 | 1445.200 |
| Mode | 32 | 0.161 | 6.208 | 39.004 | 1521.300 |
| Mode | 33 | 0.156 | 6.418 | 40.326 | 1626.200 |
| Mode | 34 | 0.153 | 6.555 | 41.186 | 1696.300 |
| Mode | 35 | 0.141 | 7.109 | 44.664 | 1994.800 |
| Mode | 36 | 0.121 | 8.264 | 51.923 | 2696.000 |
| Mode | 37 | 0.120 | 8.314 | 52.237 | 2728.700 |
| Mode | 38 | 0.113 | 8.821 | 55.425 | 3072.000 |
| Mode | 39 | 0.109 | 9.135 | 57.395 | 3294.200 |
| Mode | 40 | 0.107 | 9.350 | 58.749 | 3451.400 |
| Mode | 41 | 0.106 | 9.431 | 59.258 | 3511.500 |
| Mode | 42 | 0.106 | 9.477 | 59.546 | 3545.700 |
| Mode | 43 | 0.105 | 9.536 | 59.917 | 3590.000 |
| Mode | 44 | 0.094 | 10.642 | 66.863 | 4470.600 |
| Mode | 45 | 0.090 | 11.146 | 70.032 | 4904.500 |
| Mode | 46 | 0.088 | 11.320 | 71.127 | 5059.100 |
| Mode | 47 | 0.086 | 11.641 | 73.145 | 5350.200 |
| Mode | 48 | 0.084 | 11.847 | 74.436 | 5540.800 |
| Mode | 49 | 0.084 | 11.886 | 74.683 | 5577.600 |
| Mode | 50 | 0.083 | 12.082 | 75.912 | 5762.700 |

Prima forma modale



Seconda forma modale



Terza forma modale



| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 18 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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 nel paragrafo precedente. Le azioni verticali (Fz) si assumono positive se di compressione, mentre quelle orizzontali (Fx ed Fy) ed i momenti trasversali e longitudinali (Mx e My) 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; |
| e3.3 | = | carico termico su impalcato (massima azione verticale); |
| e3.4 | = | carico termico su impalcato (massima azione trasversale); |
| 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.

SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

| H | = | 19.06 m | | | | | altezza pila |
|--------------|---|---------|------|------|-------|-------|--------------|
| | | Fx | Fy | Fz | Mx | My | |
| | | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | |
| g1-impalcato | | 47 | 99 | 8119 | 1906 | 939 | |
| g1-pile | | 0 | 0 | 6742 | 0 | 0 | |
| g2 | | 7 | 18 | 1451 | 613 | 139 | |
| e2 | | 15 | 3 | 107 | 231 | 287 | |
| e3.3 | | 57 | 10 | 80 | 366 | 1113 | |
| e3.4 | | 218 | 31 | -49 | 715 | 4266 | |
| q1.1 | | 4 | 5 | 4272 | 6227 | 90 | |
| q1.2 | | 13 | 67 | 1957 | 5152 | 440 | |
| q3 | | 188 | 9 | 1 | 168 | 3674 | |
| q4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| q5-impalcato | | 60 | 600 | 5 | 12089 | 1192 | |
| q5-pile | | 0 | 102 | 0 | 1031 | 7 | |
| q6.1 | | 813 | 212 | -69 | 3621 | 14398 | |
| q6.2 | | 247 | 697 | -75 | 11806 | 4378 | |
| q6.3 | | 244 | 209 | -206 | 3551 | 4322 | |
| q7 | | 96 | 0 | 0 | 0 | 1824 | |

PILA 01

SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

| H | = | 31.06 m | | | | | altezza pila |
|--------------|---|---------|------|-------|-------|-------|--------------|
| | | Fx | Fy | Fz | Mx | My | |
| | | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | |
| g1-impalcato | | 1 | 24 | 14981 | 1809 | 100 | |
| g1-pile | | 0 | 0 | 10342 | 1 | 0 | |
| g2 | | 0 | 7 | 2475 | 43 | 11 | |
| e2 | | 1 | 0 | 38 | 482 | 71 | |
| e3.3 | | 4 | 4 | 23 | 788 | 89 | |
| e3.4 | | 17 | 27 | -16 | 1259 | 508 | |
| q1.1 | | 3 | 76 | 5806 | 5260 | 572 | |
| q1.2 | | 4 | 57 | 3398 | 7009 | 481 | |
| q3 | | 109 | 10 | -2 | 316 | 3446 | |
| q4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| q5-impalcato | | 43 | 665 | -2 | 21420 | 1390 | |
| q5-pile | | 0 | 147 | 0 | 2147 | 13 | |
| q6.1 | | 531 | 177 | -109 | 4980 | 14668 | |
| q6.2 | | 162 | 577 | -115 | 16197 | 4475 | |
| q6.3 | | 159 | 173 | -345 | 4865 | 4403 | |
| q7 | | 175 | 0 | 0 | 0 | 5422 | |

PILA 02

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 19 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

H = 29.86 m altezza pila

| | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|--------------|------|------|-------|-------|-------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] |
| g1-impalcato | 170 | 24 | 16295 | 1903 | 4822 |
| g1-pile | 0 | 0 | 9981 | 1 | 0 |
| g2 | 27 | 7 | 2678 | 48 | 816 |
| e2 | 11 | 2 | 158 | 389 | 387 |
| e3.3 | 35 | 4 | 322 | 624 | 1150 |
| e3.4 | 146 | 0 | -199 | 464 | 4483 |
| q1.1 | 43 | 82 | 5899 | 5281 | 2175 |
| q1.2 | 58 | 56 | 3628 | 7198 | 631 |
| q3 | 116 | 16 | 2 | 482 | 3518 |
| q4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5-impalcato | 38 | 639 | 10 | 19835 | 1223 |
| q5-pile | 0 | 143 | 0 | 2019 | 9 |
| q6.1 | 562 | 184 | -124 | 4935 | 14964 |
| q6.2 | 171 | 600 | -119 | 15976 | 4560 |
| q6.3 | 169 | 180 | -356 | 4800 | 4493 |
| q7 | 190 | 0 | 0 | 0 | 5665 |

PILA 03

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 01

SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

| | P01-D | | | P01-S | | |
|--------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | Fx | Fy | Fz | Fx | Fy | Fz |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| g1-impalcato | 52 | 25 | 4067 | 26 | 51 | 4054 |
| g2 | 8 | 4 | 681 | 4 | 8 | 770 |
| e2 | 7 | 3 | 83 | 8 | 4 | 24 |
| e3.3 | 6 | 28 | 69 | 29 | 7 | 11 |
| e3.4 | 14 | 109 | -42 | 110 | 17 | -6 |
| q1.1 | 16 | 4 | 2705 | 4 | 26 | 3463 |
| q1.2 | 35 | 4 | -78 | 7 | 47 | 1537 |
| q3 | 2 | 94 | 0 | 94 | 4 | 0 |
| q4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5-impalcato | 302 | 35 | -44 | 18 | 301 | 64 |
| q6.1 | 77 | 390 | -65 | 390 | 79 | -59 |
| q6.2 | 251 | 120 | -87 | 120 | 251 | -114 |
| q6.3 | 75 | 117 | -130 | 117 | 75 | -158 |
| q7 | 47 | 0 | 0 | 48 | 0 | 0 |

PILA 02

SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

| | P02-D | | | P02-S | | |
|--------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | Fx | Fy | Fz | Fx | Fy | Fz |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| g1-impalcato | 29 | 10 | 7677 | 30 | 12 | 7304 |
| g2 | 5 | 3 | 1194 | 5 | 3 | 1281 |
| e2 | 0 | 0 | 105 | 0 | 0 | -68 |
| e3.3 | 2 | 2 | 128 | 4 | 3 | 88 |
| e3.4 | 8 | 13 | -81 | 10 | 15 | -80 |
| q1.1 | 1 | 35 | 3820 | 17 | 61 | 4582 |
| q1.2 | 19 | 79 | -319 | 16 | 80 | 4237 |
| q3 | 54 | 5 | -1 | 55 | 1 | 0 |
| q4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5-impalcato | 27 | 332 | -79 | 7 | 333 | 76 |
| q6.1 | 245 | 62 | -98 | 245 | 61 | -93 |
| q6.2 | 75 | 196 | -224 | 76 | 196 | -209 |
| q6.3 | 74 | 59 | -234 | 74 | 59 | -236 |
| q7 | 89 | 0 | 0 | 86 | 0 | 0 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 20 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

PILA 03

SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

| | P03-D | | | P03-S | | |
|--------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | Fx | Fy | Fz | Fx | Fy | Fz |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| g1-impalcato | 115 | 1 | 8359 | 116 | 1 | 7935 |
| g2 | 19 | 2 | 1294 | 19 | 2 | 1384 |
| e2 | 7 | 0 | 157 | 8 | 0 | 0 |
| e3.3 | 21 | 0 | 291 | 22 | 0 | 31 |
| e3.4 | 74 | 9 | -178 | 75 | 9 | -17 |
| q1.1 | 30 | 37 | 3900 | 44 | 61 | 4658 |
| q1.2 | 35 | 79 | -231 | 36 | 79 | 4298 |
| q3 | 58 | 1 | 3 | 59 | 1 | 2 |
| q4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5-impalcato | 29 | 319 | -74 | 11 | 319 | 83 |
| q6.1 | 257 | 63 | -105 | 257 | 63 | -109 |
| q6.2 | 83 | 188 | -239 | 80 | 188 | -226 |
| q6.3 | 78 | 57 | -245 | 77 | 57 | -243 |
| q7 | 97 | 0 | 0 | 93 | 0 | 0 |

3.1.3 Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata

SOTTOSTRUTTURA PILA P01 (n° 6 pali)

| | | | | | |
|---|-----------|-------------------|---|-----------|-----------|
| 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 | 6.50 | m | dimensione plinto lungo x | | |
| By | 11.00 | 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 | 4469 | 0 | 0 |
| g2-terreno | 0 | 0 | 1287 | 0 | 0 |

SOTTOSTRUTTURA PILA P02 (n° 12 pali)

| | | | | | |
|---|-----------|-------------------|---|-----------|-----------|
| 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 | 11.00 | m | dimensione plinto lungo x | | |
| By | 15.50 | 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 | 10656 | 0 | 0 |
| g2-terreno | 0 | 0 | 3069 | 0 | 0 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 21 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

SOTTOSTRUTTURA PILA P03 (n° 9 pali)

| | | | | | |
|---|-----------|-------------------|---|--|-----------|
| 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 | 11.00 | m | dimensione plinto lungo x | | |
| By | 11.00 | 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 |
| g1-plinto | 0 | 0 | 7563 | | 0 |
| g2-terreno | 0 | 0 | 2178 | | 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 DELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | S.L.U. | | | | | | | | | q3 | | | | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|
| g1 | 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 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g2 | 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 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| e2 | 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 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| e3.3 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 |
| e3.4 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 |
| q1.1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 |
| q3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| q4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5 | 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 | -0.90 | 0.90 | 0.90 |
| q6.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q7 | 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 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |

| | S.L.U. | | | | | | | | | q5 | | | | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|
| g1 | 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 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| g2 | 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 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| e2 | 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 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| e3.3 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 |
| e3.4 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 | 0 | 0.72 |
| q1.1 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 |
| q3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q4 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| q5 | 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 | -0.90 | 0.90 | 0.90 |
| q6.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q6.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q7 | 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 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |

| | S.L.U. | | | | | | | | | S.L.V. | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|--------|------|------|
| | e3 | | | | | | | | | q6.x | q6.y | q6.z |
| g1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 |
| g2 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 |
| e2 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1 | 1 | 1 |
| e3.3 | 1.20 | 0 | 1.20 | 0 | 1.20 | 0 | 1.20 | 0 | 1.20 | 0.50 | 0 | 0.50 |
| e3.4 | 0 | 1.20 | 0 | 1.20 | 0 | 1.20 | 0 | 1.20 | 0 | 0.50 | 0 | 0.50 |
| q1.1 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q5 | 0.90 | 0.90 | -0.90 | -0.90 | 0.90 | 0.90 | -0.90 | -0.90 | 0.90 | 0 | 0 | 0 |
| q6.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| q6.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| q6.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| q7 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |

| | S.L.car | | | | | | | | S.L.E. | | | | S.L.freq | | | | S.L.qp | |
|------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|--------|--|
| g1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| g2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| e2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| e3.3 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.50 | |
| e3.4 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | 0.60 | 0 | |
| q1.1 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| q1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | -0.75 | 0 | |
| q3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| q4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| q5 | 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 | |
| q6.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| q6.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| q6.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| q7 | 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 (per agevolare le verifiche da fare successivamente, sono qui evidenziati i valori massimi di ogni sollecitazione ed il valore minimo dello sforzo assiale nella combinazione sismica).

PILA 01

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | S.L.U. | | | | | | | | S.L.U. | | | | | | | | S.L.V. | | | | S.L.V. | |
|----|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|--------|--------|---------------|-------|--|--|--------|--|
| | q1 | | | | | | | | q3 | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 279 | 395 | 169 | 285 | 292 | 408 | 182 | 298 | 559 | 675 | 450 | 566 | 569 | 685 | 460 | 576 | | | | | | |
| Fy | 807 | 822 | -456 | -441 | 892 | 907 | -372 | -357 | 818 | 834 | -445 | -430 | 882 | 897 | -382 | -367 | | | | | | |
| Fz | 27978 | 27885 | 27969 | 27876 | 24853 | 24759 | 24844 | 24751 | 26537 | 26444 | 26528 | 26435 | 24193 | 24100 | 24184 | 24091 | | | | | | |
| Mx | 24157 | 24408 | 540 | 791 | 22706 | 22957 | -911 | -660 | 22308 | 22559 | -1309 | -1058 | 21219 | 21470 | -2398 | -2147 | | | | | | |
| My | 5444 | 7714 | 3286 | 5556 | 5916 | 8186 | 3759 | 6029 | 10924 | 13195 | 8767 | 11037 | 11279 | 13549 | 9121 | 11392 | | | | | | |
| | q4 | | | | | | | | q5 | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 277 | 393 | 168 | 284 | 287 | 403 | 178 | 294 | 314 | 430 | 131 | 247 | 324 | 440 | 141 | 257 | | | | | | |
| Fy | 806 | 821 | -458 | -443 | 869 | 884 | -395 | -379 | 1227 | 1242 | -879 | -864 | 1290 | 1305 | -816 | -801 | | | | | | |
| Fz | 26536 | 26443 | 26527 | 26434 | 24192 | 24099 | 24184 | 24090 | 26539 | 26446 | 26524 | 26431 | 24195 | 24102 | 24181 | 24087 | | | | | | |
| Mx | 22055 | 22306 | -1562 | -1311 | 20967 | 21218 | -2650 | -2399 | 29928 | 30179 | -9434 | -9183 | 28839 | 29090 | -10522 | -10271 | | | | | | |
| My | 5413 | 7683 | 3256 | 5526 | 5768 | 8038 | 3610 | 5880 | 6132 | 8402 | 2537 | 4807 | 6487 | 8757 | 2891 | 5161 | | | | | | |
| | S.L.U. e3 | | | | | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | | | | |
| Fx | 305 | 498 | 195 | 389 | 315 | 508 | 205 | 399 | 969 | 1049 | 402 | 483 | 400 | 480 | | | | | | | | |
| Fy | 810 | 836 | -453 | -428 | 874 | 899 | -390 | -364 | 338 | 348 | 822 | 833 | 335 | 345 | | | | | | | | |
| Fz | 26575 | 26419 | 26566 | 26411 | 24231 | 24075 | 24222 | 24067 | 16390 | 16325 | 16384 | 16319 | 16253 | 16188 | | | | | | | | |
| Mx | 22231 | 22649 | -1386 | -968 | 21143 | 21561 | -2474 | -2056 | 6554 | 6728 | 14739 | 14914 | 6484 | 6659 | | | | | | | | |
| My | 5947 | 9731 | 3790 | 7574 | 6302 | 10085 | 4144 | 7928 | 17414 | 18991 | 7394 | 8971 | 7338 | 8914 | | | | | | | | |
| | S.L.car | | | | | | | | S.L.E. | | | | S.L.freq | | | | S.L.qp | | | | | |
| Fx | 200 | 297 | 128 | 224 | 188 | 284 | 115 | 211 | 176 | 273 | 152 | 249 | 163 | 260 | 139 | 236 | 156 | 236 | | | | |
| Fy | 551 | 564 | -291 | -279 | 497 | 510 | -345 | -332 | 270 | 283 | -11 | 2 | 216 | 229 | -64 | -52 | 125 | 136 | | | | |
| Fz | 19673 | 19596 | 19668 | 19590 | 15002 | 14924 | 14996 | 14919 | 19671 | 19594 | 19669 | 19592 | 15000 | 14923 | 14998 | 14921 | 16459 | 16394 | | | | |
| Mx | 15513 | 15722 | -232 | -23 | 6979 | 7188 | -8766 | -8557 | 10264 | 10474 | 5016 | 5225 | 1730 | 1940 | -3518 | -3309 | 2934 | 3108 | | | | |
| My | 3914 | 5806 | 2476 | 4368 | 3516 | 5408 | 2078 | 3970 | 3435 | 5327 | 2955 | 4847 | 3037 | 4929 | 2557 | 4449 | 3016 | 4593 | | | | |

PILA 02

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | S.L.U. | | | | | | | | S.L.U. | | | | | | | | S.L.V. | | | | S.L.V. | |
|----|------------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------------|-------|--------|--------|-------------|-------|--------|--------|-------------|--|--|--|--------|--|
| | q1 | | | | | | | | q3 | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 207 | 216 | 128 | 137 | 207 | 216 | 129 | 138 | 369 | 379 | 291 | 300 | 370 | 379 | 291 | 301 | | | | | | |
| Fy | 877 | 894 | -584 | -568 | 852 | 868 | -610 | -594 | 867 | 883 | -595 | -578 | 848 | 864 | -614 | -598 | | | | | | |
| Fz | 45425 | 45396 | 45428 | 45400 | 42173 | 42145 | 42177 | 42148 | 43463 | 43434 | 43466 | 43438 | 41024 | 40996 | 41028 | 40999 | | | | | | |
| Mx | 31958 | 32297 | -10463 | -10123 | 34319 | 34658 | -8102 | -7763 | 30657 | 30996 | -11764 | -11425 | 32427 | 32767 | -9994 | -9654 | | | | | | |
| My | 7214 | 7515 | 4688 | 4989 | 7092 | 7393 | 4565 | 4866 | 12190 | 12491 | 9663 | 9964 | 12098 | 12399 | 9571 | 9872 | | | | | | |
| | q4 | | | | | | | | q5 | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 206 | 215 | 127 | 136 | 206 | 215 | 128 | 137 | 232 | 241 | 101 | 110 | 232 | 241 | 102 | 111 | | | | | | |
| Fy | 852 | 868 | -610 | -594 | 833 | 849 | -629 | -613 | 1339 | 1356 | -1097 | -1081 | 1320 | 1336 | -1117 | -1100 | | | | | | |
| Fz | 43465 | 43437 | 43468 | 43440 | 41026 | 40998 | 41030 | 41002 | 43464 | 43436 | 43470 | 43441 | 41025 | 40997 | 41031 | 41003 | | | | | | |
| Mx | 30183 | 30522 | -12238 | -11899 | 31954 | 32293 | -10467 | -10128 | 44323 | 44663 | -26378 | -26039 | 46094 | 46433 | -24607 | -24268 | | | | | | |
| My | 7021 | 7322 | 4495 | 4796 | 6929 | 7230 | 4403 | 4704 | 7863 | 8165 | 3652 | 3953 | 7772 | 8073 | 3561 | 3862 | | | | | | |
| | S.L.U. e3 | | | | | | | | q6.x | | | | q6.y | | | | q6.z | | | | | |
| Fx | 208 | 223 | 129 | 144 | 208 | 223 | 130 | 145 | 641 | 647 | 271 | 278 | 269 | 275 | | | | | | | | |
| Fy | 854 | 881 | -608 | -581 | 834 | 862 | -627 | -600 | 209 | 221 | 609 | 620 | 206 | 217 | | | | | | | | |
| Fz | 43476 | 43429 | 43479 | 43432 | 41037 | 40990 | 41041 | 40994 | 27738 | 27718 | 27732 | 27712 | 27501 | 27481 | | | | | | | | |
| Mx | 30561 | 31127 | -11859 | -11294 | 32332 | 32897 | -10089 | -9523 | 7709 | 7944 | 18925 | 19161 | 7594 | 7829 | | | | | | | | |
| My | 7064 | 7566 | 4537 | 5039 | 6972 | 7474 | 4446 | 4947 | 18148 | 18357 | 7955 | 8164 | 7882 | 8091 | | | | | | | | |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 23 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | S.L.car | | | | | | | | S.L.E. | | S.L.freq | | | | | | S.L.qp | |
|----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Fx | 138 | 146 | 86 | 94 | 133 | 141 | 81 | 89 | 121 | 128 | 103 | 111 | 116 | 123 | 98 | 106 | 109 | 116 |
| Fy | 577 | 591 | -397 | -384 | 477 | 491 | -497 | -483 | 252 | 266 | -73 | -59 | 153 | 166 | -172 | -159 | 33 | 44 |
| Fz | 32202 | 32179 | 32204 | 32181 | 25299 | 25276 | 25302 | 25278 | 32203 | 32179 | 32204 | 32180 | 25300 | 25277 | 25301 | 25277 | 27846 | 27827 |
| Mx | 20893 | 21175 | -7388 | -7105 | 11692 | 11974 | -16589 | -16306 | 11466 | 11749 | 2039 | 2322 | 2265 | 2547 | -7162 | -6880 | 2729 | 2964 |
| My | 4760 | 5011 | 3075 | 3326 | 3970 | 4221 | 2286 | 2537 | 4198 | 4449 | 3637 | 3888 | 3409 | 3660 | 2847 | 3098 | 3480 | 3689 |

PILA 03

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | S.L.U. | | | | | | | | q3 | | | | | | | |
|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Fx | 568 | 648 | 498 | 578 | 588 | 668 | 519 | 599 | 727 | 807 | 657 | 737 | 743 | 823 | 673 | 753 |
| Fy | 861 | 858 | -546 | -549 | 826 | 823 | -581 | -584 | 857 | 854 | -550 | -553 | 830 | 828 | -577 | -579 |
| Fz | 47483 | 47108 | 47465 | 47090 | 44416 | 44041 | 44398 | 44023 | 45494 | 45119 | 45476 | 45101 | 43195 | 42820 | 43176 | 42801 |
| Mx | 30350 | 30235 | -8989 | -9104 | 32937 | 32821 | -6402 | -6517 | 29290 | 29175 | -10048 | -10163 | 31231 | 31115 | -8108 | -8223 |
| My | 18048 | 20448 | 15831 | 18231 | 15963 | 18363 | 13746 | 16146 | 22591 | 24992 | 20374 | 22774 | 21028 | 23428 | 18810 | 21211 |

| | S.L.U. | | | | | | | | q5 | | | | | | | |
|----|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| Fx | 553 | 633 | 484 | 563 | 569 | 649 | 499 | 579 | 577 | 657 | 460 | 540 | 592 | 672 | 476 | 556 |
| Fy | 833 | 831 | -574 | -576 | 807 | 804 | -600 | -603 | 1302 | 1299 | -1043 | -1045 | 1276 | 1273 | -1069 | -1072 |
| Fz | 45492 | 45117 | 45473 | 45098 | 43192 | 42817 | 43174 | 42799 | 45498 | 45123 | 45467 | 45092 | 43198 | 42823 | 43168 | 42793 |
| Mx | 28567 | 28452 | -10771 | -10886 | 30507 | 30392 | -8831 | -8946 | 41680 | 41565 | -23884 | -23999 | 43620 | 43505 | -21944 | -22059 |
| My | 17314 | 19714 | 15097 | 17497 | 15750 | 18150 | 13533 | 15933 | 18053 | 20453 | 14358 | 16758 | 16489 | 18890 | 12794 | 15194 |

| | S.L.U. | | | | e3 | | | | q6.x | | | | S.L.V. | | | | q6.y | | | | q6.z | | | |
|----|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------|--|--|--|------|--|--|--|
| Fx | 570 | 703 | 500 | 633 | 586 | 719 | 516 | 649 | 902 | 957 | 511 | 566 | 508 | 564 | 508 | 564 | | | | | | | | |
| Fy | 835 | 831 | -572 | -576 | 809 | 804 | -598 | -603 | 219 | 217 | 635 | 633 | 215 | 213 | 215 | 213 | | | | | | | | |
| Fz | 45646 | 45021 | 45628 | 45003 | 43346 | 42721 | 43328 | 42703 | 29149 | 28888 | 29154 | 28894 | 28917 | 28656 | 28917 | 28656 | | | | | | | | |
| Mx | 28867 | 28675 | -10472 | -10663 | 30807 | 30615 | -8531 | -8723 | 7588 | 7508 | 18628 | 18548 | 7453 | 7373 | 7453 | 7373 | | | | | | | | |
| My | 17866 | 21866 | 15649 | 19649 | 16302 | 20302 | 14085 | 18085 | 24964 | 26630 | 14559 | 16226 | 14493 | 16159 | 14493 | 16159 | | | | | | | | |

| | S.L.car | | | | | | | | S.L.E. | | S.L.freq | | | | | | S.L.qp | |
|----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Fx | 398 | 465 | 352 | 418 | 323 | 389 | 276 | 343 | 383 | 449 | 367 | 434 | 307 | 374 | 291 | 358 | 339 | 395 |
| Fy | 566 | 563 | -372 | -375 | 462 | 460 | -476 | -478 | 253 | 251 | -60 | -62 | 149 | 147 | -164 | -166 | 35 | 33 |
| Fz | 33736 | 33423 | 33724 | 33411 | 26590 | 26278 | 26578 | 26266 | 33732 | 33419 | 33728 | 33415 | 26586 | 26274 | 26582 | 26270 | 29273 | 29013 |
| Mx | 19789 | 19693 | -6437 | -6533 | 10430 | 10334 | -15796 | -15892 | 11047 | 10951 | 2305 | 2209 | 1688 | 1592 | -7054 | -7150 | 2853 | 2573 |
| My | 12485 | 14485 | 11007 | 13007 | 10380 | 12381 | 8902 | 10902 | 11992 | 13992 | 11500 | 13500 | 9888 | 11888 | 9395 | 11395 | 9999 | 11666 |

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 01

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | P01-D | | | | | | | | S.L.U. | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fx | 430 | 436 | -114 | -108 | 456 | 462 | -88 | -82 | 428 | 433 | -116 | -111 | 447 | 453 | -97 | -91 |
| Fy | 100 | 158 | 38 | 95 | 101 | 159 | 38 | 96 | 240 | 298 | 177 | 235 | 240 | 298 | 177 | 235 |
| Fz | 10172 | 10091 | 10250 | 10170 | 6415 | 6334 | 6493 | 6413 | 9259 | 9179 | 9338 | 9257 | 6441 | 6361 | 6520 | 6440 |
| V | 442 | 464 | 120 | 144 | 467 | 488 | 96 | 126 | 490 | 525 | 212 | 260 | 507 | 542 | 202 | 252 |

| | P01-S | | | | | | | | S.L.U. | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| Fx | 135 | 194 | 104 | 162 | 140 | 198 | 109 | 167 | 275 | 333 | 244 | 302 | 279 | 337 | 247 | 306 |
| Fy | 395 | 402 | -148 | -141 | 424 | 431 | -119 | -112 | 393 | 400 | -150 | -143 | 414 | 421 | -129 | -121 |
| Fz | 11283 | 11271 | 11169 | 11156 | 8682 | 8670 | 8568 | 8556 | 10114 | 10102 | 10000 | 9988 | 8164 | 8152 | 8049 | 8037 |
| V | 418 | 446 | 180 | 214 | 446 | 474 | 161 | 201 | 479 | 521 | 286 | 334 | 499 | 540 | 279 | 329 |

| | P01-D | | | | | | | | S.L.U. | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fx | 425 | 430 | -119 | -114 | 444 | 450 | -100 | -94 | 606 | 612 | -300 | -295 | 626 | 631 | -281 | -275 |
| Fy | 99 | 157 | 36 | 94 | 99 | 157 | 37 | 95 | 120 | 178 | 15 | 73 | 120 | 178 | 16 | 74 |
| Fz | 9259 | 9178 | 9337 | 9257 | 6441 | 6361 | 6519 | 6439 | 9232 | 9152 | 9363 | 9283 | 6415 | 6334 | 6546 | 6465 |
| V | 436 | 458 | 124 | 147 | 455 | 477 | 106 | 133 | 618 | 637 | 301 | 304 | 637 | 656 | 281 | 285 |

| | P01-S | | | | | | | | S.L.U. | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Fx | 134 | 192 | 102 | 161 | 138 | 196 | 106 | 164 | 144 | 203 | 92 | 150 | 148 | 206 | 96 | 154 |
| Fy | 386 | 393 | -156 | -149 | 408 | 415 | -135 | -128 | 567 | 574 | -337 | -330 | 589 | 596 | -316 | -309 |
| Fz | 10114 | 10102 | 10000 | 9987 | 8164 | 8151 | 8049 | 8037 | 10152 | 10140 | 9962 | 9949 | 8202 | 8189 | 8011 | 7999 |
| V | 409 | 438 | 187 | 219 | 430 | 459 | 172 | 208 | 585 | 609 | 350 | 363 | 607 | 630 | 330 | 345 |

| | | S.L.U. e3 | | | | | | | | q6.x | | S.L.V. q6.y | | q6.z | |
|-------|------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|------|------|--|
| P01-D | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 428 | 437 | -116 | -107 | 447 | 456 | -97 | -88 | 175 | 179 | 349 | 353 | 174 | 178 | |
| Fy | 113 | 209 | 50 | 146 | 113 | 209 | 50 | 147 | 437 | 477 | 166 | 207 | 164 | 204 | |
| Fz | 9292 | 9158 | 9370 | 9236 | 6474 | 6340 | 6553 | 6419 | 4800 | 4744 | 4778 | 4722 | 4735 | 4679 | |
| V | 442 | 484 | 126 | 181 | 461 | 502 | 109 | 171 | 471 | 510 | 387 | 409 | 239 | 271 | |

| | | S.L.U. e3 | | | | | | | | q6.x | | S.L.V. q6.y | | q6.z | |
|-------|-------|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|------|------|--|
| P01-S | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 148 | 245 | 116 | 214 | 151 | 249 | 120 | 217 | 472 | 512 | 201 | 242 | 199 | 239 | |
| Fy | 389 | 401 | -153 | -141 | 411 | 423 | -132 | -120 | 144 | 149 | 316 | 321 | 141 | 146 | |
| Fz | 10119 | 10099 | 10005 | 9984 | 8169 | 8148 | 8054 | 8034 | 4796 | 4787 | 4740 | 4732 | 4697 | 4688 | |
| V | 417 | 470 | 192 | 256 | 438 | 491 | 178 | 248 | 493 | 534 | 375 | 402 | 244 | 280 | |

PILA 02

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | | S.L.U. | | | | | | | | | | q3 | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P02-D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 154 | 158 | 104 | 109 | 178 | 182 | 129 | 133 | 235 | 239 | 186 | 190 | 253 | 257 | 204 | 208 |
| Fy | 365 | 373 | -233 | -224 | 424 | 432 | -174 | -166 | 361 | 369 | -237 | -229 | 405 | 413 | -193 | -185 |
| Fz | 17279 | 17129 | 17421 | 17270 | 11692 | 11541 | 11833 | 11683 | 15988 | 15837 | 16130 | 15979 | 11798 | 11647 | 11939 | 11788 |
| V | 396 | 405 | 255 | 249 | 459 | 469 | 216 | 212 | 430 | 440 | 301 | 297 | 477 | 487 | 281 | 278 |

| | | S.L.U. | | | | | | | | | | q3 | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P02-S | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 157 | 161 | 145 | 149 | 155 | 160 | 143 | 148 | 233 | 238 | 222 | 226 | 232 | 237 | 220 | 225 |
| Fy | 405 | 413 | -195 | -186 | 430 | 439 | -169 | -161 | 386 | 395 | -213 | -204 | 405 | 414 | -194 | -185 |
| Fz | 17826 | 17705 | 17689 | 17568 | 17361 | 17240 | 17224 | 17103 | 16280 | 16159 | 16143 | 16022 | 15931 | 15811 | 15794 | 15673 |
| V | 434 | 444 | 243 | 238 | 457 | 467 | 222 | 218 | 451 | 461 | 307 | 305 | 467 | 477 | 294 | 291 |

| | | S.L.U. | | | | | | | | | | q5 | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P02-D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 153 | 158 | 104 | 109 | 171 | 176 | 122 | 127 | 170 | 174 | 88 | 92 | 188 | 192 | 106 | 110 |
| Fy | 353 | 361 | -244 | -236 | 397 | 405 | -200 | -192 | 552 | 560 | -444 | -435 | 596 | 605 | -399 | -391 |
| Fz | 15990 | 15839 | 16132 | 15981 | 11800 | 11649 | 11941 | 11790 | 15943 | 15792 | 16179 | 16028 | 11752 | 11602 | 11988 | 11838 |
| V | 385 | 394 | 266 | 260 | 433 | 442 | 235 | 230 | 578 | 587 | 452 | 445 | 625 | 634 | 413 | 406 |

| | | S.L.U. | | | | | | | | | | q5 | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P02-S | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 151 | 155 | 139 | 143 | 150 | 154 | 138 | 142 | 155 | 159 | 135 | 140 | 154 | 158 | 134 | 138 |
| Fy | 384 | 393 | -215 | -206 | 403 | 412 | -196 | -187 | 584 | 593 | -415 | -406 | 603 | 612 | -396 | -387 |
| Fz | 16280 | 16159 | 16142 | 16021 | 15931 | 15810 | 15794 | 15673 | 16326 | 16205 | 16096 | 15976 | 15977 | 15856 | 15748 | 15627 |
| V | 413 | 423 | 256 | 251 | 430 | 440 | 240 | 235 | 604 | 614 | 437 | 430 | 622 | 632 | 418 | 411 |

| | | S.L.U. e3 | | | | | | | | q6.x | | S.L.V. q6.y | | q6.z | |
|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|----------------|------|------|--|
| P02-D | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 155 | 162 | 105 | 113 | 173 | 180 | 123 | 131 | 334 | 337 | 164 | 167 | 162 | 165 | |
| Fy | 354 | 368 | -244 | -230 | 398 | 412 | -199 | -186 | 76 | 82 | 210 | 216 | 73 | 79 | |
| Fz | 16052 | 15800 | 16193 | 15942 | 11861 | 11610 | 12003 | 11751 | 8942 | 8837 | 8816 | 8711 | 8806 | 8701 | |
| V | 386 | 402 | 265 | 256 | 434 | 449 | 234 | 227 | 343 | 347 | 266 | 273 | 178 | 183 | |

| | | S.L.U. e3 | | | | | | | | q6.x | | S.L.V. q6.y | | q6.z | |
|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|----------------|------|------|--|
| P02-S | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 153 | 160 | 141 | 148 | 152 | 159 | 140 | 147 | 334 | 337 | 165 | 168 | 163 | 166 | |
| Fy | 386 | 400 | -214 | -199 | 405 | 419 | -195 | -180 | 78 | 84 | 213 | 219 | 76 | 82 | |
| Fz | 16322 | 16120 | 16184 | 15983 | 15973 | 15772 | 15836 | 15634 | 8469 | 8385 | 8353 | 8269 | 8326 | 8242 | |
| V | 415 | 431 | 256 | 248 | 432 | 448 | 240 | 232 | 343 | 348 | 269 | 276 | 180 | 185 | |

PILA 03

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

| | | S.L.U. | | | | | | | | | | q3 | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P03-D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 358 | 396 | 307 | 345 | 365 | 403 | 313 | 351 | 436 | 474 | 384 | 422 | 441 | 479 | 389 | 427 |
| Fy | 343 | 349 | -232 | -226 | 399 | 405 | -176 | -170 | 331 | 338 | -243 | -237 | 373 | 379 | -202 | -195 |
| Fz | 18628 | 18291 | 18762 | 18425 | 13051 | 12714 | 13185 | 12848 | 17316 | 16979 | 17450 | 17113 | 13134 | 12797 | 13268 | 12931 |
| V | 496 | 528 | 384 | 412 | 540 | 571 | 360 | 390 | 547 | 582 | 455 | 484 | 577 | 611 | 438 | 470 |

| | | S.L.U. | | | | | | | | | | q3 | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P03-S | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 360 | 399 | 341 | 380 | 350 | 389 | 331 | 370 | 434 | 472 | 414 | 453 | 426 | 465 | 407 | 445 |
| Fy | 374 | 381 | -200 | -194 | 399 | 405 | -176 | -170 | 355 | 361 | -220 | -213 | 373 | 379 | -202 | -195 |
| Fz | 18965 | 18931 | 18816 | 18781 | 18481 | 18446 | 18331 | 18297 | 17396 | 17361 | 17246 | 17212 | 17032 | 16998 | 16883 | 16848 |
| V | 520 | 552 | 396 | 427 | 531 | 562 | 375 | 407 | 560 | 595 | 469 | 501 | 566 | 600 | 454 | 486 |

| | | S.L.U. | | | | | | | | | | q5 | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P03-D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 348 | 386 | 297 | 335 | 353 | 391 | 302 | 340 | 365 | 403 | 279 | 317 | 370 | 409 | 285 | 323 |
| Fy | 330 | 336 | -245 | -238 | 372 | 378 | -203 | -196 | 522 | 528 | -436 | -430 | 564 | 570 | -394 | -388 |
| Fz | 17312 | 16974 | 17445 | 17108 | 13129 | 12792 | 13263 | 12926 | 17267 | 16930 | 17490 | 17153 | 13084 | 12747 | 13308 | 12970 |
| V | 480 | 512 | 384 | 411 | 513 | 544 | 363 | 392 | 637 | 664 | 518 | 534 | 674 | 701 | 486 | 505 |

| | | S.L.U. | | | | | | | | | | q5 | | | | |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P03-S | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fx | 346 | 385 | 326 | 365 | 338 | 377 | 319 | 358 | 352 | 391 | 320 | 359 | 345 | 383 | 312 | 351 |
| Fy | 354 | 360 | -221 | -215 | 372 | 378 | -203 | -196 | 545 | 552 | -412 | -406 | 564 | 570 | -394 | -388 |
| Fz | 17394 | 17359 | 17244 | 17209 | 17030 | 16996 | 16880 | 16846 | 17443 | 17409 | 17194 | 17160 | 17080 | 17045 | 16831 | 16796 |
| V | 495 | 527 | 394 | 424 | 503 | 534 | 378 | 408 | 649 | 676 | 522 | 542 | 661 | 687 | 503 | 523 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 25 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| P03-D | S.L.U. e3 | | | | | | | | | q6.x | | S.L.V. q6.y | | q6.z | |
|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|----------------|------|------|-----|
| | Fx | 358 | 422 | 307 | 370 | 363 | 427 | 312 | 375 | 467 | 493 | 293 | 320 | 288 | 314 |
| Fy | 330 | 341 | -244 | -234 | 372 | 383 | -203 | -192 | 67 | 71 | 192 | 196 | 61 | 65 | |
| Fz | 17451 | 16889 | 17585 | 17023 | 13268 | 12707 | 13402 | 12840 | 9851 | 9616 | 9716 | 9482 | 9710 | 9476 | |
| V | 487 | 542 | 392 | 438 | 520 | 573 | 372 | 422 | 472 | 498 | 351 | 375 | 294 | 321 | |

| P03-S | S.L.U. e3 | | | | | | | | | q6.x | | S.L.V. q6.y | | q6.z | |
|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|----------------|------|------|-----|
| | Fx | 356 | 421 | 337 | 401 | 349 | 413 | 329 | 394 | 468 | 495 | 291 | 318 | 288 | 315 |
| Fy | 354 | 364 | -221 | -210 | 372 | 383 | -203 | -192 | 67 | 71 | 192 | 196 | 61 | 65 | |
| Fz | 17408 | 17351 | 17259 | 17201 | 17045 | 16987 | 16895 | 16838 | 9225 | 9201 | 9109 | 9085 | 9092 | 9068 | |
| V | 502 | 557 | 403 | 453 | 510 | 563 | 387 | 438 | 472 | 500 | 348 | 373 | 294 | 321 | |

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 1 - Sollecitazione sulla palificata

| comb | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|-------|-----|------|-------|--------|-------|
| | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| SLU1 | 279 | 807 | 35748 | 26175 | 4747 |
| SLU2 | 395 | 822 | 35655 | 26319 | 7120 |
| SLU3 | 169 | -456 | 35739 | -601 | 2863 |
| SLU4 | 285 | -441 | 35646 | -456 | 5236 |
| SLU5 | 292 | 892 | 32623 | 24934 | 5187 |
| SLU6 | 408 | 907 | 32530 | 25079 | 7560 |
| SLU7 | 182 | -372 | 32614 | -1841 | 3303 |
| SLU8 | 298 | -357 | 32521 | -1697 | 5676 |
| SLU9 | 559 | 818 | 34307 | 24354 | 9527 |
| SLU10 | 675 | 834 | 34214 | 24498 | 11900 |
| SLU11 | 450 | -445 | 34299 | -2422 | 7643 |
| SLU12 | 566 | -430 | 34205 | -2277 | 10016 |
| SLU13 | 569 | 882 | 31963 | 23424 | 9856 |
| SLU14 | 685 | 897 | 31870 | 23568 | 12229 |
| SLU15 | 460 | -382 | 31955 | -3352 | 7972 |
| SLU16 | 576 | -367 | 31861 | -3207 | 10345 |
| SLU17 | 277 | 806 | 34306 | 24069 | 4720 |
| SLU18 | 393 | 821 | 34213 | 24214 | 7093 |
| SLU19 | 168 | -458 | 34298 | -2706 | 2836 |
| SLU20 | 284 | -443 | 34204 | -2562 | 5209 |
| SLU21 | 287 | 869 | 31963 | 23139 | 5049 |
| SLU22 | 403 | 884 | 31869 | 23284 | 7422 |
| SLU23 | 178 | -395 | 31954 | -3636 | 3166 |
| SLU24 | 294 | -379 | 31860 | -3492 | 5539 |
| SLU25 | 314 | 1227 | 34309 | 32995 | 5348 |
| SLU26 | 430 | 1242 | 34216 | 33139 | 7721 |
| SLU27 | 131 | -879 | 34295 | -11631 | 2208 |
| SLU28 | 247 | -864 | 34201 | -11487 | 4581 |
| SLU29 | 324 | 1290 | 31965 | 32064 | 5677 |
| SLU30 | 440 | 1305 | 31872 | 32209 | 8050 |
| SLU31 | 141 | -816 | 31951 | -12562 | 2538 |
| SLU32 | 257 | -801 | 31858 | -12417 | 4911 |
| SLU33 | 305 | 810 | 34345 | 24257 | 5185 |
| SLU34 | 498 | 836 | 34190 | 24498 | 9140 |
| SLU35 | 195 | -453 | 34336 | -2518 | 3302 |
| SLU36 | 389 | -428 | 34181 | -2278 | 7257 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 26 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

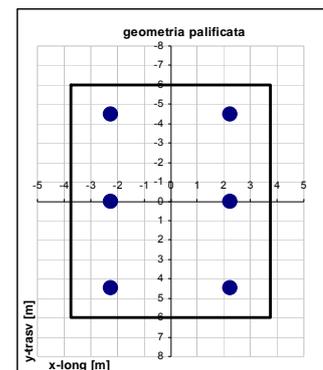
PILA 1 - Sollecitazione sulla palificata

| comb | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|---------|------|------|-------|-------|-------|
| SLU37 | 315 | 874 | 32001 | 23327 | 5515 |
| SLU38 | 508 | 899 | 31846 | 23568 | 9470 |
| SLU39 | 205 | -390 | 31992 | -3449 | 3631 |
| SLU40 | 399 | -364 | 31837 | -3208 | 7586 |
| SLV1 | 969 | 338 | 22146 | 7398 | 14993 |
| SLV2 | 1049 | 348 | 22081 | 7498 | 16641 |
| SLV3 | 402 | 822 | 22139 | 14865 | 7005 |
| SLV4 | 483 | 833 | 22075 | 14965 | 8653 |
| SLV5 | 400 | 335 | 22009 | 7321 | 6339 |
| SLV6 | 480 | 345 | 21944 | 7422 | 7987 |
| SLE-C1 | 200 | 551 | 25429 | 16890 | 3413 |
| SLE-C2 | 297 | 564 | 25351 | 17010 | 5391 |
| SLE-C3 | 128 | -291 | 25423 | -960 | 2157 |
| SLE-C4 | 224 | -279 | 25346 | -840 | 4135 |
| SLE-C5 | 188 | 497 | 20758 | 8222 | 3047 |
| SLE-C6 | 284 | 510 | 20680 | 8342 | 5024 |
| SLE-C7 | 115 | -345 | 20752 | -9629 | 1791 |
| SLE-C8 | 211 | -332 | 20674 | -9508 | 3769 |
| SLE-F1 | 176 | 270 | 25427 | 10940 | 2995 |
| SLE-F2 | 273 | 283 | 25349 | 11060 | 4972 |
| SLE-F3 | 152 | -11 | 25425 | 4990 | 2576 |
| SLE-F4 | 249 | 2 | 25347 | 5110 | 4553 |
| SLE-F5 | 163 | 216 | 20756 | 2272 | 2628 |
| SLE-F6 | 260 | 229 | 20678 | 2392 | 4606 |
| SLE-F7 | 139 | -64 | 20754 | -3679 | 2210 |
| SLE-F8 | 236 | -52 | 20676 | -3558 | 4187 |
| SLE-QP1 | 156 | 125 | 22214 | 3247 | 2627 |
| SLE-QP2 | 236 | 136 | 22150 | 3347 | 4275 |

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

Geometria della palificata n° 6 pali

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



PILA 1 - Azioni sui pali

| PALO | SFORZO NORMALE N [kN] | | | | | | TAGLIO [kN] | | |
|------|-----------------------|------|------|------|------|------|-------------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Vx | Vy | V |
| SLU1 | 4856 | 6310 | 7764 | 4152 | 5606 | 7061 | 46 | 135 | 142 |
| SLU2 | 5008 | 6470 | 7932 | 3953 | 5415 | 6877 | 66 | 137 | 152 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 27 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

PILA 1 - Azioni sui pali

| PALO | SFORZO NORMALE N [kN] | | | | | | TAGLIO [kN] | | |
|--------|-----------------------|------|------|------|------|------|-------------|------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Vx | Vy | V |
| SLU3 | 6202 | 6169 | 6135 | 5778 | 5744 | 5711 | 28 | -76 | 81 |
| SLU4 | 6354 | 6329 | 6304 | 5578 | 5553 | 5528 | 48 | -74 | 88 |
| SLU5 | 4436 | 5821 | 7207 | 3668 | 5053 | 6438 | 49 | 149 | 156 |
| SLU6 | 4588 | 5982 | 7375 | 3468 | 4862 | 6255 | 68 | 151 | 166 |
| SLU7 | 5783 | 5680 | 5578 | 5293 | 5191 | 5089 | 30 | -62 | 69 |
| SLU8 | 5935 | 5841 | 5746 | 5094 | 5000 | 4905 | 50 | -59 | 78 |
| SLU9 | 5071 | 6424 | 7777 | 3659 | 5012 | 6365 | 93 | 136 | 165 |
| SLU10 | 5223 | 6584 | 7945 | 3460 | 4821 | 6182 | 113 | 139 | 179 |
| SLU11 | 6417 | 6283 | 6148 | 5285 | 5150 | 5016 | 75 | -74 | 105 |
| SLU12 | 6569 | 6443 | 6316 | 5085 | 4959 | 4832 | 94 | -72 | 118 |
| SLU13 | 4756 | 6057 | 7359 | 3296 | 4597 | 5898 | 95 | 147 | 175 |
| SLU14 | 4908 | 6218 | 7527 | 3096 | 4406 | 5715 | 114 | 149 | 188 |
| SLU15 | 6103 | 5916 | 5730 | 4921 | 4735 | 4549 | 77 | -64 | 100 |
| SLU16 | 6255 | 6077 | 5898 | 4722 | 4544 | 4366 | 96 | -61 | 114 |
| SLU17 | 4730 | 6067 | 7405 | 4031 | 5368 | 6705 | 46 | 134 | 142 |
| SLU18 | 4882 | 6228 | 7573 | 3832 | 5177 | 6522 | 66 | 137 | 152 |
| SLU19 | 6077 | 5926 | 5776 | 5657 | 5506 | 5356 | 28 | -76 | 81 |
| SLU20 | 6229 | 6087 | 5944 | 5457 | 5315 | 5173 | 47 | -74 | 88 |
| SLU21 | 4416 | 5701 | 6987 | 3668 | 4953 | 6239 | 48 | 145 | 153 |
| SLU22 | 4568 | 5861 | 7155 | 3468 | 4762 | 6055 | 67 | 147 | 162 |
| SLU23 | 5762 | 5560 | 5358 | 5293 | 5091 | 4889 | 30 | -66 | 72 |
| SLU24 | 5914 | 5720 | 5526 | 5094 | 4900 | 4706 | 49 | -63 | 80 |
| SLU25 | 4281 | 6114 | 7947 | 3489 | 5322 | 7155 | 52 | 204 | 211 |
| SLU26 | 4434 | 6275 | 8116 | 3290 | 5131 | 6972 | 72 | 207 | 219 |
| SLU27 | 6526 | 5879 | 5233 | 6198 | 5552 | 4906 | 22 | -146 | 148 |
| SLU28 | 6678 | 6040 | 5401 | 5999 | 5361 | 4723 | 41 | -144 | 150 |
| SLU29 | 3967 | 5748 | 7529 | 3126 | 4907 | 6688 | 54 | 215 | 222 |
| SLU30 | 4119 | 5908 | 7698 | 2926 | 4716 | 6505 | 73 | 218 | 230 |
| SLU31 | 6211 | 5513 | 4815 | 5835 | 5137 | 4439 | 24 | -136 | 138 |
| SLU32 | 6363 | 5673 | 4983 | 5636 | 4946 | 4256 | 43 | -133 | 140 |
| SLU33 | 4761 | 6108 | 7456 | 3992 | 5340 | 6688 | 51 | 135 | 144 |
| SLU34 | 5014 | 6375 | 7736 | 3660 | 5021 | 6382 | 83 | 139 | 162 |
| SLU35 | 6107 | 5967 | 5827 | 5618 | 5478 | 5338 | 33 | -75 | 82 |
| SLU36 | 6361 | 6234 | 6108 | 5286 | 5159 | 5033 | 65 | -71 | 96 |
| SLU37 | 4446 | 5742 | 7038 | 3629 | 4925 | 6221 | 52 | 146 | 155 |
| SLU38 | 4700 | 6009 | 7318 | 3297 | 4606 | 5915 | 85 | 150 | 172 |
| SLU39 | 5793 | 5601 | 5409 | 5255 | 5063 | 4872 | 34 | -65 | 73 |
| SLU40 | 6046 | 5868 | 5690 | 4922 | 4744 | 4566 | 66 | -61 | 90 |
| SLV1 | 4391 | 4802 | 5213 | 2169 | 2580 | 2991 | 161 | 56 | 171 |
| SLV2 | 4496 | 4913 | 5329 | 2031 | 2448 | 2864 | 175 | 58 | 184 |
| SLV3 | 3383 | 4209 | 5035 | 2345 | 3171 | 3997 | 67 | 137 | 153 |
| SLV4 | 3489 | 4320 | 5151 | 2207 | 3038 | 3870 | 80 | 139 | 160 |
| SLV5 | 3731 | 4138 | 4544 | 2792 | 3199 | 3605 | 67 | 56 | 87 |
| SLV6 | 3837 | 4249 | 4661 | 2653 | 3066 | 3478 | 80 | 58 | 99 |
| SLE-C1 | 3553 | 4491 | 5429 | 3047 | 3985 | 4924 | 33 | 92 | 98 |
| SLE-C2 | 3680 | 4625 | 5570 | 2881 | 3826 | 4771 | 50 | 94 | 106 |
| SLE-C3 | 4450 | 4397 | 4344 | 4131 | 4077 | 4024 | 21 | -49 | 53 |
| SLE-C4 | 4577 | 4531 | 4484 | 3965 | 3918 | 3871 | 37 | -46 | 60 |
| SLE-C5 | 3229 | 3685 | 4142 | 2777 | 3234 | 3691 | 31 | 83 | 89 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 28 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

PILA 1 - Azioni sui pali

| PALO | SFORZO NORMALE N [kN] | | | | | | TAGLIO [kN] | | |
|---------|-----------------------|------|------|------|------|------|-------------|-----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Vx | Vy | V |
| SLE-C6 | 3355 | 3819 | 4282 | 2611 | 3075 | 3538 | 47 | 85 | 97 |
| SLE-C7 | 4126 | 3591 | 3056 | 3861 | 3326 | 2791 | 19 | -58 | 61 |
| SLE-C8 | 4253 | 3725 | 3197 | 3695 | 3167 | 2638 | 35 | -55 | 66 |
| SLE-F1 | 3852 | 4460 | 5067 | 3408 | 4016 | 4624 | 29 | 45 | 54 |
| SLE-F2 | 3979 | 4593 | 5208 | 3242 | 3857 | 4471 | 45 | 47 | 65 |
| SLE-F3 | 4151 | 4428 | 4706 | 3770 | 4047 | 4324 | 25 | -2 | 25 |
| SLE-F4 | 4278 | 4562 | 4846 | 3603 | 3887 | 4171 | 41 | 0 | 41 |
| SLE-F5 | 3528 | 3654 | 3780 | 3138 | 3265 | 3391 | 27 | 36 | 45 |
| SLE-F6 | 3655 | 3788 | 3920 | 2972 | 3105 | 3238 | 43 | 38 | 58 |
| SLE-F7 | 3827 | 3623 | 3418 | 3500 | 3295 | 3091 | 23 | -11 | 26 |
| SLE-F8 | 3954 | 3756 | 3559 | 3334 | 3136 | 2938 | 39 | -9 | 40 |
| SLE-QP1 | 3717 | 3897 | 4077 | 3327 | 3508 | 3688 | 26 | 21 | 33 |
| SLE-QP2 | 3822 | 4008 | 4194 | 3189 | 3375 | 3561 | 39 | 23 | 45 |

PILA 2 - Sollecitazione sulla palificata

| comb | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|-------|-----|-------|-------|--------|-------|
| | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| SLU1 | 207 | 877 | 63954 | 34152 | 6698 |
| SLU2 | 216 | 894 | 63925 | 34455 | 7006 |
| SLU3 | 128 | -584 | 63957 | -11924 | 4367 |
| SLU4 | 137 | -568 | 63929 | -11621 | 4676 |
| SLU5 | 207 | 852 | 60702 | 36449 | 6574 |
| SLU6 | 216 | 868 | 60674 | 36751 | 6882 |
| SLU7 | 129 | -610 | 60706 | -9627 | 4243 |
| SLU8 | 138 | -594 | 60677 | -9324 | 4552 |
| SLU9 | 369 | 867 | 61992 | 32824 | 11267 |
| SLU10 | 379 | 883 | 61963 | 33127 | 11575 |
| SLU11 | 291 | -595 | 61995 | -13251 | 8936 |
| SLU12 | 300 | -578 | 61967 | -12949 | 9245 |
| SLU13 | 370 | 848 | 59553 | 34547 | 11173 |
| SLU14 | 379 | 864 | 59525 | 34849 | 11482 |
| SLU15 | 291 | -614 | 59557 | -11529 | 8843 |
| SLU16 | 301 | -598 | 59528 | -11226 | 9152 |
| SLU17 | 206 | 852 | 61994 | 32312 | 6507 |
| SLU18 | 215 | 868 | 61966 | 32615 | 6816 |
| SLU19 | 127 | -610 | 61998 | -13763 | 4177 |
| SLU20 | 136 | -594 | 61969 | -13460 | 4485 |
| SLU21 | 206 | 833 | 59556 | 34035 | 6414 |
| SLU22 | 215 | 849 | 59527 | 34338 | 6723 |
| SLU23 | 128 | -629 | 59559 | -12040 | 4084 |
| SLU24 | 137 | -613 | 59531 | -11737 | 4392 |
| SLU25 | 232 | 1339 | 61993 | 47671 | 7284 |
| SLU26 | 241 | 1356 | 61965 | 47974 | 7593 |
| SLU27 | 101 | -1097 | 61999 | -29121 | 3400 |
| SLU28 | 110 | -1081 | 61970 | -28819 | 3708 |
| SLU29 | 232 | 1320 | 59554 | 49394 | 7191 |
| SLU30 | 241 | 1336 | 59526 | 49696 | 7500 |
| SLU31 | 102 | -1117 | 59560 | -27399 | 3307 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 29 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

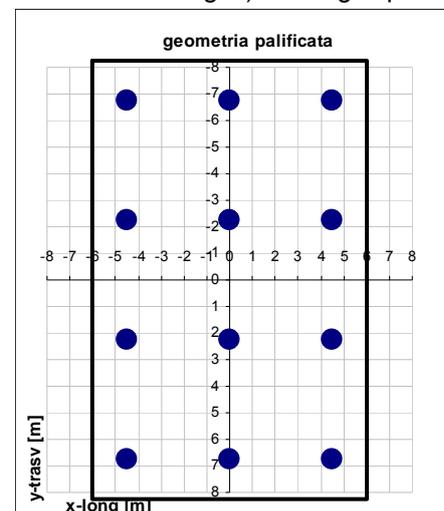
PILA 2 - Sollecitazione sulla palificata

| comb | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|---------|-----|-------|-------|--------|-------|
| SLU32 | 111 | -1100 | 59532 | -27096 | 3615 |
| SLU33 | 208 | 854 | 62005 | 32695 | 6545 |
| SLU34 | 223 | 881 | 61958 | 33200 | 7060 |
| SLU35 | 129 | -608 | 62009 | -13380 | 4214 |
| SLU36 | 144 | -581 | 61961 | -12875 | 4729 |
| SLU37 | 208 | 834 | 59566 | 34418 | 6452 |
| SLU38 | 223 | 862 | 59519 | 34923 | 6966 |
| SLU39 | 130 | -627 | 59570 | -11657 | 4121 |
| SLU40 | 145 | -600 | 59523 | -11153 | 4636 |
| SLV1 | 641 | 209 | 41463 | 8231 | 16546 |
| SLV2 | 647 | 221 | 41443 | 8442 | 16761 |
| SLV3 | 271 | 609 | 41457 | 18720 | 7682 |
| SLV4 | 278 | 620 | 41438 | 18931 | 7896 |
| SLV5 | 269 | 206 | 41226 | 8108 | 7210 |
| SLV6 | 275 | 217 | 41207 | 8318 | 7425 |
| SLE-C1 | 138 | 577 | 45927 | 22336 | 4414 |
| SLE-C2 | 146 | 591 | 45904 | 22588 | 4672 |
| SLE-C3 | 86 | -397 | 45930 | -8381 | 2861 |
| SLE-C4 | 94 | -384 | 45906 | -8129 | 3118 |
| SLE-C5 | 133 | 477 | 39025 | 12885 | 3637 |
| SLE-C6 | 141 | 491 | 39001 | 13138 | 3894 |
| SLE-C7 | 81 | -497 | 39027 | -17832 | 2083 |
| SLE-C8 | 89 | -483 | 39003 | -17579 | 2341 |
| SLE-F1 | 121 | 252 | 45928 | 12097 | 3896 |
| SLE-F2 | 128 | 266 | 45905 | 12349 | 4154 |
| SLE-F3 | 103 | -73 | 45929 | 1858 | 3379 |
| SLE-F4 | 111 | -59 | 45905 | 2110 | 3636 |
| SLE-F5 | 116 | 153 | 39025 | 2646 | 3119 |
| SLE-F6 | 123 | 166 | 39002 | 2899 | 3376 |
| SLE-F7 | 98 | -172 | 39026 | -7593 | 2601 |
| SLE-F8 | 106 | -159 | 39003 | -7340 | 2859 |
| SLE-QP1 | 109 | 33 | 41572 | 2810 | 3207 |
| SLE-QP2 | 116 | 44 | 41552 | 3020 | 3421 |

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

Geometria della palificata n° 12 pali

| PALO | trasversale | | longitudinale | |
|------|-------------|-------|---------------|-------|
| | X | Y | Jxi | Jyi |
| 1 | -4.50 | -6.75 | 45.56 | 20.25 |
| 2 | -4.50 | -2.25 | 5.06 | 20.25 |
| 3 | -4.50 | 2.25 | 5.06 | 20.25 |
| 4 | -4.50 | 6.75 | 45.56 | 20.25 |
| 5 | 0.00 | -6.75 | 45.56 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | -2.25 | 5.06 | 0.00 |
| 7 | 0.00 | 2.25 | 5.06 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | 6.75 | 45.56 | 0.00 |
| 9 | 4.50 | -6.75 | 45.56 | 20.25 |
| 10 | 4.50 | -2.25 | 5.06 | 20.25 |
| 11 | 4.50 | 2.25 | 5.06 | 20.25 |
| 12 | 4.50 | 6.75 | 45.56 | 20.25 |



| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 30 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| PALO | PILA 2 - Azioni sui pali | | | | | | | | | | | | TAGLIO [kN] | | |
|--------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|-----|-----|
| | SFORZO NORMALE N [kN] | | | | | | | | | | | | Vx | Vy | V |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
| SLU1 | 4757 | 5263 | 5768 | 6274 | 4571 | 5076 | 5582 | 6088 | 4384 | 4890 | 5396 | 5902 | 17 | 73 | 75 |
| SLU2 | 4756 | 5267 | 5777 | 6287 | 4561 | 5072 | 5582 | 6093 | 4367 | 4877 | 5388 | 5898 | 18 | 74 | 77 |
| SLU3 | 5716 | 5539 | 5363 | 5186 | 5595 | 5418 | 5241 | 5065 | 5473 | 5297 | 5120 | 4943 | 11 | -49 | 50 |
| SLU4 | 5716 | 5543 | 5371 | 5199 | 5586 | 5413 | 5241 | 5069 | 5456 | 5284 | 5111 | 4939 | 11 | -47 | 49 |
| SLU5 | 4431 | 4971 | 5511 | 6051 | 4249 | 4789 | 5329 | 5868 | 4066 | 4606 | 5146 | 5686 | 17 | 71 | 73 |
| SLU6 | 4431 | 4975 | 5520 | 6064 | 4239 | 4784 | 5328 | 5873 | 4048 | 4593 | 5137 | 5682 | 18 | 72 | 75 |
| SLU7 | 5391 | 5248 | 5105 | 4963 | 5273 | 5130 | 4987 | 4845 | 5155 | 5012 | 4870 | 4727 | 11 | -51 | 52 |
| SLU8 | 5390 | 5252 | 5114 | 4976 | 5264 | 5126 | 4987 | 4849 | 5137 | 4999 | 4861 | 4723 | 11 | -49 | 51 |
| SLU9 | 4750 | 5236 | 5722 | 6208 | 4437 | 4923 | 5409 | 5895 | 4124 | 4610 | 5096 | 5582 | 31 | 72 | 79 |
| SLU10 | 4749 | 5240 | 5731 | 6221 | 4427 | 4918 | 5409 | 5900 | 4106 | 4597 | 5087 | 5578 | 32 | 74 | 80 |
| SLU11 | 5709 | 5513 | 5316 | 5120 | 5461 | 5264 | 5068 | 4872 | 5213 | 5016 | 4820 | 4624 | 24 | -50 | 55 |
| SLU12 | 5708 | 5517 | 5325 | 5133 | 5452 | 5260 | 5068 | 4876 | 5195 | 5003 | 4811 | 4619 | 25 | -48 | 54 |
| SLU13 | 4505 | 5017 | 5529 | 6041 | 4195 | 4707 | 5219 | 5730 | 3885 | 4396 | 4908 | 5420 | 31 | 71 | 77 |
| SLU14 | 4505 | 5021 | 5537 | 6054 | 4186 | 4702 | 5219 | 5735 | 3867 | 4383 | 4900 | 5416 | 32 | 72 | 79 |
| SLU15 | 5465 | 5294 | 5123 | 4952 | 5219 | 5048 | 4878 | 4707 | 4974 | 4803 | 4632 | 4461 | 24 | -51 | 57 |
| SLU16 | 5464 | 5298 | 5132 | 4965 | 5210 | 5044 | 4878 | 4711 | 4956 | 4790 | 4623 | 4457 | 25 | -50 | 56 |
| SLU17 | 4629 | 5108 | 5586 | 6065 | 4448 | 4927 | 5406 | 5884 | 4267 | 4746 | 5225 | 5703 | 17 | 71 | 73 |
| SLU18 | 4628 | 5112 | 5595 | 6078 | 4439 | 4922 | 5405 | 5889 | 4250 | 4733 | 5216 | 5699 | 18 | 72 | 75 |
| SLU19 | 5588 | 5384 | 5181 | 4977 | 5472 | 5268 | 5065 | 4861 | 5356 | 5152 | 4948 | 4745 | 11 | -51 | 52 |
| SLU20 | 5588 | 5388 | 5189 | 4990 | 5463 | 5264 | 5064 | 4865 | 5339 | 5139 | 4940 | 4740 | 11 | -49 | 51 |
| SLU21 | 4385 | 4889 | 5393 | 5897 | 4207 | 4711 | 5215 | 5719 | 4028 | 4533 | 5037 | 5541 | 17 | 69 | 71 |
| SLU22 | 4384 | 4893 | 5402 | 5910 | 4198 | 4706 | 5215 | 5724 | 4011 | 4519 | 5028 | 5537 | 18 | 71 | 73 |
| SLU23 | 5344 | 5166 | 4987 | 4809 | 5231 | 5052 | 4874 | 4696 | 5117 | 4939 | 4761 | 4582 | 11 | -52 | 54 |
| SLU24 | 5344 | 5170 | 4996 | 4822 | 5222 | 5048 | 4874 | 4700 | 5100 | 4926 | 4752 | 4578 | 11 | -51 | 52 |
| SLU25 | 4309 | 5015 | 5722 | 6428 | 4107 | 4813 | 5519 | 6225 | 3904 | 4611 | 5317 | 6023 | 19 | 112 | 113 |
| SLU26 | 4309 | 5019 | 5730 | 6441 | 4098 | 4808 | 5519 | 6230 | 3887 | 4597 | 5308 | 6019 | 20 | 113 | 115 |
| SLU27 | 5908 | 5477 | 5045 | 4614 | 5814 | 5382 | 4951 | 4519 | 5719 | 5288 | 4856 | 4425 | 8 | -91 | 92 |
| SLU28 | 5908 | 5481 | 5054 | 4627 | 5805 | 5378 | 4951 | 4524 | 5702 | 5275 | 4848 | 4421 | 9 | -90 | 91 |
| SLU29 | 4065 | 4797 | 5528 | 6260 | 3865 | 4597 | 5329 | 6060 | 3665 | 4397 | 5129 | 5861 | 19 | 110 | 112 |
| SLU30 | 4064 | 4801 | 5537 | 6273 | 3856 | 4592 | 5329 | 6065 | 3648 | 4384 | 5120 | 5857 | 20 | 111 | 113 |
| SLU31 | 5664 | 5258 | 4852 | 4446 | 5572 | 5166 | 4760 | 4354 | 5480 | 5074 | 4669 | 4263 | 8 | -93 | 93 |
| SLU32 | 5664 | 5262 | 4861 | 4459 | 5563 | 5162 | 4760 | 4359 | 5463 | 5061 | 4660 | 4258 | 9 | -92 | 92 |
| SLU33 | 4622 | 5107 | 5591 | 6075 | 4441 | 4925 | 5409 | 5894 | 4259 | 4743 | 5227 | 5712 | 17 | 71 | 73 |
| SLU34 | 4621 | 5113 | 5605 | 6097 | 4425 | 4917 | 5409 | 5901 | 4229 | 4721 | 5213 | 5705 | 19 | 73 | 76 |
| SLU35 | 5582 | 5384 | 5185 | 4987 | 5465 | 5266 | 5068 | 4870 | 5348 | 5149 | 4951 | 4753 | 11 | -51 | 52 |
| SLU36 | 5581 | 5390 | 5199 | 5009 | 5450 | 5259 | 5068 | 4877 | 5318 | 5127 | 4937 | 4746 | 12 | -48 | 50 |
| SLU37 | 4378 | 4888 | 5398 | 5908 | 4199 | 4709 | 5219 | 5729 | 4020 | 4530 | 5040 | 5549 | 17 | 70 | 72 |
| SLU38 | 4377 | 4895 | 5412 | 5930 | 4184 | 4701 | 5219 | 5736 | 3990 | 4508 | 5025 | 5542 | 19 | 72 | 74 |
| SLU39 | 5338 | 5165 | 4992 | 4820 | 5223 | 5051 | 4878 | 4705 | 5109 | 4936 | 4763 | 4591 | 11 | -52 | 53 |
| SLU40 | 5337 | 5172 | 5006 | 4841 | 5208 | 5043 | 4878 | 4712 | 5079 | 4914 | 4749 | 4584 | 12 | -50 | 51 |
| SLV1 | 3732 | 3854 | 3976 | 4098 | 3272 | 3394 | 3516 | 3638 | 2813 | 2935 | 3057 | 3179 | 53 | 17 | 56 |
| SLV2 | 3732 | 3857 | 3982 | 4107 | 3266 | 3391 | 3516 | 3641 | 2800 | 2925 | 3051 | 3176 | 54 | 18 | 57 |
| SLV3 | 3252 | 3529 | 3807 | 4084 | 3039 | 3316 | 3593 | 3871 | 2825 | 3103 | 3380 | 3657 | 23 | 51 | 56 |
| SLV4 | 3252 | 3532 | 3813 | 4093 | 3032 | 3313 | 3593 | 3874 | 2813 | 3094 | 3374 | 3654 | 23 | 52 | 57 |
| SLV5 | 3456 | 3576 | 3696 | 3816 | 3255 | 3375 | 3496 | 3616 | 3055 | 3175 | 3295 | 3415 | 22 | 17 | 28 |
| SLV6 | 3455 | 3579 | 3702 | 3825 | 3249 | 3372 | 3496 | 3619 | 3043 | 3166 | 3289 | 3412 | 23 | 18 | 29 |
| SLE-C1 | 3454 | 3784 | 4115 | 4446 | 3331 | 3662 | 3993 | 4324 | 3208 | 3539 | 3870 | 4201 | 12 | 48 | 49 |
| SLE-C2 | 3453 | 3788 | 4122 | 4457 | 3323 | 3658 | 3993 | 4327 | 3194 | 3528 | 3863 | 4198 | 12 | 49 | 51 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 31 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

PILA 2 - Azioni sui pali

| PALO | SFORZO NORMALE N [kN] | | | | | | | | | | | | TAGLIO [kN] | | |
|---------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|-----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Vx | Vy | V |
| SLE-C3 | 4093 | 3969 | 3845 | 3721 | 4014 | 3890 | 3765 | 3641 | 3934 | 3810 | 3686 | 3562 | 7 | -33 | 34 |
| SLE-C4 | 4093 | 3972 | 3852 | 3731 | 4006 | 3886 | 3765 | 3645 | 3920 | 3799 | 3679 | 3558 | 8 | -32 | 33 |
| SLE-C5 | 3067 | 3258 | 3449 | 3639 | 2966 | 3157 | 3347 | 3538 | 2865 | 3056 | 3246 | 3437 | 11 | 40 | 41 |
| SLE-C6 | 3066 | 3261 | 3456 | 3650 | 2958 | 3153 | 3347 | 3542 | 2850 | 3045 | 3239 | 3434 | 12 | 41 | 43 |
| SLE-C7 | 3706 | 3442 | 3178 | 2914 | 3649 | 3384 | 3120 | 2856 | 3591 | 3326 | 3062 | 2798 | 7 | -41 | 42 |
| SLE-C8 | 3706 | 3446 | 3185 | 2925 | 3641 | 3380 | 3120 | 2860 | 3576 | 3315 | 3055 | 2795 | 7 | -40 | 41 |
| SLE-F1 | 3667 | 3846 | 4025 | 4204 | 3559 | 3738 | 3917 | 4096 | 3450 | 3630 | 3809 | 3988 | 10 | 21 | 23 |
| SLE-F2 | 3666 | 3849 | 4032 | 4215 | 3551 | 3734 | 3917 | 4100 | 3436 | 3619 | 3801 | 3984 | 11 | 22 | 25 |
| SLE-F3 | 3880 | 3907 | 3935 | 3963 | 3786 | 3814 | 3841 | 3869 | 3692 | 3720 | 3747 | 3775 | 9 | -6 | 11 |
| SLE-F4 | 3880 | 3911 | 3942 | 3973 | 3779 | 3810 | 3841 | 3872 | 3678 | 3709 | 3740 | 3771 | 9 | -5 | 10 |
| SLE-F5 | 3280 | 3319 | 3358 | 3398 | 3193 | 3233 | 3272 | 3311 | 3107 | 3146 | 3185 | 3224 | 10 | 13 | 16 |
| SLE-F6 | 3280 | 3322 | 3365 | 3408 | 3186 | 3229 | 3272 | 3315 | 3092 | 3135 | 3178 | 3221 | 10 | 14 | 17 |
| SLE-F7 | 3493 | 3381 | 3268 | 3156 | 3421 | 3308 | 3196 | 3083 | 3349 | 3236 | 3124 | 3011 | 8 | -14 | 17 |
| SLE-F8 | 3493 | 3384 | 3275 | 3167 | 3413 | 3305 | 3196 | 3087 | 3334 | 3225 | 3116 | 3008 | 9 | -13 | 16 |
| SLE-QP1 | 3491 | 3533 | 3574 | 3616 | 3402 | 3443 | 3485 | 3527 | 3313 | 3354 | 3396 | 3438 | 9 | 3 | 10 |
| SLE-QP2 | 3491 | 3535 | 3580 | 3625 | 3396 | 3440 | 3485 | 3530 | 3301 | 3345 | 3390 | 3435 | 10 | 4 | 10 |

PILA 3 - Sollecitazione sulla palificata

| comb | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|-------|-----|-------|-------|--------|-------|
| | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| SLU1 | 568 | 861 | 60632 | 32502 | 16629 |
| SLU2 | 648 | 858 | 60257 | 32022 | 19091 |
| SLU3 | 498 | -546 | 60614 | -10354 | 14586 |
| SLU4 | 578 | -549 | 60239 | -10833 | 17049 |
| SLU5 | 588 | 826 | 57566 | 35001 | 14492 |
| SLU6 | 668 | 823 | 57191 | 34521 | 16955 |
| SLU7 | 519 | -581 | 57548 | -7855 | 12449 |
| SLU8 | 599 | -584 | 57173 | -8334 | 14912 |
| SLU9 | 727 | 857 | 58644 | 31432 | 20773 |
| SLU10 | 807 | 854 | 58269 | 30953 | 23236 |
| SLU11 | 657 | -550 | 58626 | -11423 | 18731 |
| SLU12 | 737 | -553 | 58251 | -11903 | 21193 |
| SLU13 | 743 | 830 | 56344 | 33306 | 19171 |
| SLU14 | 823 | 828 | 55969 | 32827 | 21634 |
| SLU15 | 673 | -577 | 56326 | -9549 | 17128 |
| SLU16 | 753 | -579 | 55951 | -10029 | 19591 |
| SLU17 | 553 | 833 | 58641 | 30650 | 15931 |
| SLU18 | 633 | 831 | 58266 | 30171 | 18393 |
| SLU19 | 484 | -574 | 58623 | -12205 | 13888 |
| SLU20 | 563 | -576 | 58248 | -12685 | 16351 |
| SLU21 | 569 | 807 | 56341 | 32524 | 14328 |
| SLU22 | 649 | 804 | 55966 | 32045 | 16791 |
| SLU23 | 499 | -600 | 56323 | -10331 | 12286 |
| SLU24 | 579 | -603 | 55948 | -10811 | 14748 |
| SLU25 | 577 | 1302 | 58647 | 44935 | 16612 |
| SLU26 | 657 | 1299 | 58272 | 44456 | 19074 |
| SLU27 | 460 | -1043 | 58617 | -26491 | 13207 |
| SLU28 | 540 | -1045 | 58242 | -26970 | 15670 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 32 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

PILA 3 - Sollecitazione sulla palificata

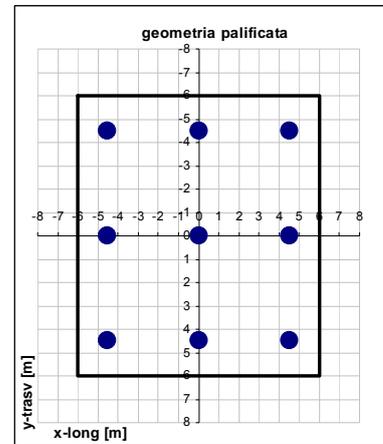
| comb | Fx | Fy | Fz | Mx | My |
|---------|-----|-------|-------|--------|-------|
| | kN | kN | kN | kNm | kNm |
| SLU29 | 592 | 1276 | 56347 | 46809 | 15009 |
| SLU30 | 672 | 1273 | 55972 | 46330 | 17472 |
| SLU31 | 476 | -1069 | 56317 | -24616 | 11605 |
| SLU32 | 556 | -1072 | 55942 | -25096 | 14067 |
| SLU33 | 570 | 835 | 58796 | 30954 | 16441 |
| SLU34 | 703 | 831 | 58171 | 30155 | 20545 |
| SLU35 | 500 | -572 | 58778 | -11901 | 14398 |
| SLU36 | 633 | -576 | 58153 | -12700 | 18503 |
| SLU37 | 586 | 809 | 56496 | 32829 | 14838 |
| SLU38 | 719 | 804 | 55871 | 32029 | 18943 |
| SLU39 | 516 | -598 | 56478 | -10027 | 12796 |
| SLU40 | 649 | -603 | 55853 | -10826 | 16900 |
| SLV1 | 902 | 219 | 38889 | 8135 | 22710 |
| SLV2 | 957 | 217 | 38629 | 7802 | 24420 |
| SLV3 | 511 | 635 | 38895 | 18418 | 13711 |
| SLV4 | 566 | 633 | 38634 | 18085 | 15421 |
| SLV5 | 508 | 215 | 38657 | 7990 | 13222 |
| SLV6 | 564 | 213 | 38397 | 7657 | 14932 |
| SLE-C1 | 398 | 566 | 43476 | 21203 | 11490 |
| SLE-C2 | 465 | 563 | 43164 | 20803 | 13542 |
| SLE-C3 | 352 | -372 | 43464 | -7368 | 10128 |
| SLE-C4 | 418 | -375 | 43152 | -7767 | 12180 |
| SLE-C5 | 323 | 462 | 36331 | 11584 | 9574 |
| SLE-C6 | 389 | 460 | 36018 | 11184 | 11626 |
| SLE-C7 | 276 | -476 | 36319 | -16986 | 8212 |
| SLE-C8 | 343 | -478 | 36006 | -17386 | 10265 |
| SLE-F1 | 383 | 253 | 43472 | 11679 | 11036 |
| SLE-F2 | 449 | 251 | 43160 | 11280 | 13088 |
| SLE-F3 | 367 | -60 | 43468 | 2156 | 10582 |
| SLE-F4 | 434 | -62 | 43156 | 1756 | 12634 |
| SLE-F5 | 307 | 149 | 36327 | 2061 | 9120 |
| SLE-F6 | 374 | 147 | 36014 | 1661 | 11172 |
| SLE-F7 | 291 | -164 | 36323 | -7463 | 8666 |
| SLE-F8 | 358 | -166 | 36010 | -7862 | 10718 |
| SLE-QP1 | 339 | 35 | 39013 | 2739 | 9151 |
| SLE-QP2 | 395 | 33 | 38753 | 2406 | 10861 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 33 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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

Geometria della palificata n° 9 pali

| PALO | X | Y | trasversale | longitudinale |
|------|-------|-------|-------------|---------------|
| | | | Jxi | Jyi |
| 1 | -4.50 | -4.50 | 20.25 | 20.25 |
| 2 | -4.50 | 0.00 | 0.00 | 20.25 |
| 3 | -4.50 | 4.50 | 20.25 | 20.25 |
| 4 | 0.00 | -4.50 | 20.25 | 0.00 |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | 4.50 | 20.25 | 0.00 |
| 7 | 4.50 | -4.50 | 20.25 | 20.25 |
| 8 | 4.50 | 0.00 | 0.00 | 20.25 |
| 9 | 4.50 | 4.50 | 20.25 | 20.25 |



PILA 3 - Azioni sui pali

| PALO | SFORZO NORMALE N [kN] | | | | | | | | | TAGLIO [kN] | | |
|-------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Vx | Vy | V |
| SLU1 | 6149 | 7353 | 8557 | 5533 | 6737 | 7941 | 4917 | 6121 | 7325 | 63 | 96 | 115 |
| SLU2 | 6216 | 7402 | 8588 | 5509 | 6695 | 7881 | 4802 | 5988 | 7174 | 72 | 95 | 119 |
| SLU3 | 7659 | 7275 | 6892 | 7118 | 6735 | 6351 | 6578 | 6195 | 5811 | 55 | -61 | 82 |
| SLU4 | 7726 | 7325 | 6923 | 7094 | 6693 | 6292 | 6463 | 6062 | 5661 | 64 | -61 | 89 |
| SLU5 | 5637 | 6933 | 8229 | 5100 | 6396 | 7693 | 4563 | 5859 | 7156 | 65 | 92 | 113 |
| SLU6 | 5704 | 6982 | 8261 | 5076 | 6355 | 7633 | 4448 | 5727 | 7005 | 74 | 91 | 118 |
| SLU7 | 7146 | 6855 | 6564 | 6685 | 6394 | 6103 | 6224 | 5933 | 5642 | 58 | -65 | 87 |
| SLU8 | 7214 | 6905 | 6596 | 6661 | 6353 | 6044 | 6109 | 5800 | 5492 | 67 | -65 | 93 |
| SLU9 | 6121 | 7285 | 8450 | 5352 | 6516 | 7680 | 4582 | 5747 | 6911 | 81 | 95 | 125 |
| SLU10 | 6189 | 7335 | 8481 | 5328 | 6474 | 7621 | 4467 | 5614 | 6760 | 90 | 95 | 131 |
| SLU11 | 7631 | 7208 | 6785 | 6937 | 6514 | 6091 | 6243 | 5820 | 5397 | 73 | -61 | 95 |
| SLU12 | 7698 | 7257 | 6816 | 6913 | 6472 | 6031 | 6128 | 5687 | 5247 | 82 | -61 | 102 |
| SLU13 | 5737 | 6971 | 8204 | 5027 | 6260 | 7494 | 4317 | 5550 | 6784 | 83 | 92 | 124 |
| SLU14 | 5804 | 7020 | 8236 | 5003 | 6219 | 7435 | 4202 | 5418 | 6633 | 91 | 92 | 130 |
| SLU15 | 7247 | 6893 | 6539 | 6612 | 6258 | 5905 | 5978 | 5624 | 5270 | 75 | -64 | 98 |
| SLU16 | 7314 | 6942 | 6571 | 6588 | 6217 | 5845 | 5863 | 5491 | 5120 | 84 | -64 | 106 |
| SLU17 | 5971 | 7106 | 8241 | 5380 | 6516 | 7651 | 4790 | 5926 | 7061 | 61 | 93 | 111 |
| SLU18 | 6038 | 7155 | 8273 | 5357 | 6474 | 7591 | 4675 | 5793 | 6910 | 70 | 92 | 116 |
| SLU19 | 7480 | 7028 | 6576 | 6966 | 6514 | 6062 | 6451 | 5999 | 5547 | 54 | -64 | 83 |
| SLU20 | 7547 | 7078 | 6608 | 6942 | 6472 | 6002 | 6336 | 5866 | 5397 | 63 | -64 | 90 |
| SLU21 | 5586 | 6791 | 7995 | 5056 | 6260 | 7465 | 4525 | 5729 | 6934 | 63 | 90 | 110 |
| SLU22 | 5654 | 6840 | 8027 | 5032 | 6218 | 7405 | 4410 | 5597 | 6783 | 72 | 89 | 115 |
| SLU23 | 7096 | 6713 | 6331 | 6641 | 6258 | 5876 | 6186 | 5803 | 5420 | 55 | -67 | 87 |
| SLU24 | 7163 | 6763 | 6362 | 6617 | 6216 | 5816 | 6071 | 5670 | 5270 | 64 | -67 | 93 |
| SLU25 | 5467 | 7132 | 8796 | 4852 | 6516 | 8181 | 4237 | 5901 | 7565 | 64 | 145 | 158 |
| SLU26 | 5535 | 7181 | 8828 | 4828 | 6475 | 8121 | 4122 | 5768 | 7415 | 73 | 144 | 162 |
| SLU27 | 7983 | 7002 | 6021 | 7494 | 6513 | 5532 | 7005 | 6024 | 5043 | 51 | -116 | 127 |
| SLU28 | 8051 | 7052 | 6053 | 7470 | 6471 | 5472 | 6890 | 5891 | 4892 | 60 | -116 | 131 |
| SLU29 | 5083 | 6817 | 8550 | 4527 | 6261 | 7995 | 3971 | 5705 | 7439 | 66 | 142 | 156 |
| SLU30 | 5150 | 6866 | 8582 | 4503 | 6219 | 7935 | 3856 | 5572 | 7288 | 75 | 141 | 160 |
| SLU31 | 7599 | 6687 | 5776 | 7169 | 6257 | 5346 | 6739 | 5828 | 4916 | 53 | -119 | 130 |
| SLU32 | 7666 | 6737 | 5807 | 7145 | 6216 | 5286 | 6624 | 5695 | 4765 | 62 | -119 | 134 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 34 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| SLU33 | 5995 | 7142 | 8288 | 5386 | 6533 | 7679 | 4777 | 5924 | 7070 | 63 | 93 | 112 |
| SLU34 | 6108 | 7224 | 8341 | 5347 | 6463 | 7580 | 4586 | 5702 | 6819 | 78 | 92 | 121 |
| SLU35 | 7505 | 7064 | 6623 | 6972 | 6531 | 6090 | 6438 | 5998 | 5557 | 56 | -64 | 84 |
| SLU36 | 7617 | 7147 | 6676 | 6932 | 6461 | 5991 | 6247 | 5776 | 5306 | 70 | -64 | 95 |
| SLU37 | 5611 | 6827 | 8043 | 5061 | 6277 | 7493 | 4512 | 5728 | 6944 | 65 | 90 | 111 |
| SLU38 | 5723 | 6909 | 8096 | 5022 | 6208 | 7394 | 4320 | 5506 | 6693 | 80 | 89 | 120 |
| SLU39 | 7121 | 6749 | 6378 | 6647 | 6275 | 5904 | 6173 | 5801 | 5430 | 57 | -66 | 88 |
| SLU40 | 7233 | 6832 | 6431 | 6607 | 6206 | 5805 | 5981 | 5580 | 5179 | 72 | -67 | 98 |
| SLV1 | 4861 | 5162 | 5463 | 4020 | 4321 | 4622 | 3179 | 3480 | 3781 | 100 | 24 | 103 |
| SLV2 | 4908 | 5197 | 5485 | 4003 | 4292 | 4581 | 3099 | 3388 | 3677 | 106 | 24 | 109 |
| SLV3 | 4147 | 4829 | 5512 | 3639 | 4322 | 5004 | 3132 | 3814 | 4496 | 57 | 71 | 91 |
| SLV4 | 4194 | 4864 | 5534 | 3623 | 4293 | 4962 | 3052 | 3722 | 4391 | 63 | 70 | 94 |
| SLV5 | 4489 | 4785 | 5081 | 3999 | 4295 | 4591 | 3510 | 3806 | 4101 | 56 | 24 | 61 |
| SLV6 | 4536 | 4819 | 5103 | 3983 | 4266 | 4550 | 3430 | 3713 | 3997 | 63 | 24 | 67 |
| SLE-C1 | 4471 | 5256 | 6042 | 4045 | 4831 | 5616 | 3620 | 4405 | 5190 | 44 | 63 | 77 |
| SLE-C2 | 4527 | 5298 | 6068 | 4025 | 4796 | 5566 | 3524 | 4294 | 5065 | 52 | 63 | 81 |
| SLE-C3 | 5477 | 5204 | 4932 | 5102 | 4829 | 4556 | 4727 | 4454 | 4181 | 39 | -41 | 57 |
| SLE-C4 | 5533 | 5246 | 4958 | 5082 | 4795 | 4507 | 4631 | 4344 | 4056 | 46 | -42 | 62 |
| SLE-C5 | 3962 | 4391 | 4820 | 3608 | 4037 | 4466 | 3253 | 3682 | 4111 | 36 | 51 | 63 |
| SLE-C6 | 4018 | 4433 | 4847 | 3588 | 4002 | 4416 | 3157 | 3571 | 3986 | 43 | 51 | 67 |
| SLE-C7 | 4969 | 4340 | 3710 | 4665 | 4035 | 3406 | 4360 | 3731 | 3102 | 31 | -53 | 61 |
| SLE-C8 | 5025 | 4381 | 3737 | 4645 | 4001 | 3357 | 4264 | 3621 | 2977 | 38 | -53 | 65 |
| SLE-F1 | 4806 | 5239 | 5672 | 4398 | 4830 | 5263 | 3989 | 4422 | 4854 | 43 | 28 | 51 |
| SLE-F2 | 4863 | 5280 | 5698 | 4378 | 4796 | 5213 | 3893 | 4311 | 4729 | 50 | 28 | 57 |
| SLE-F3 | 5142 | 5222 | 5302 | 4750 | 4830 | 4910 | 4358 | 4438 | 4518 | 41 | -7 | 41 |
| SLE-F4 | 5198 | 5263 | 5328 | 4730 | 4795 | 4860 | 4262 | 4327 | 4392 | 48 | -7 | 49 |
| SLE-F5 | 4298 | 4374 | 4450 | 3960 | 4036 | 4113 | 3622 | 3699 | 3775 | 34 | 17 | 38 |
| SLE-F6 | 4354 | 4415 | 4477 | 3940 | 4002 | 4063 | 3526 | 3588 | 3649 | 42 | 16 | 45 |
| SLE-F7 | 4633 | 4357 | 4080 | 4312 | 4036 | 3759 | 3991 | 3715 | 3438 | 32 | -18 | 37 |
| SLE-F8 | 4689 | 4398 | 4107 | 4292 | 4001 | 3710 | 3895 | 3604 | 3313 | 40 | -18 | 44 |
| SLE-QP1 | 4572 | 4674 | 4775 | 4233 | 4335 | 4436 | 3894 | 3996 | 4097 | 38 | 4 | 38 |
| SLE-QP2 | 4619 | 4708 | 4797 | 4217 | 4306 | 4395 | 3815 | 3904 | 3993 | 44 | 4 | 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 35 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

Di seguito si riporta un prospetto riepilogativo delle sollecitazioni più significative agenti sui pali agli stati limite considerati:

STATICA-SLU

| | Nmax | Nmin | Nmedio | Vmax |
|----------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| P01 | 8116 | 2926 | 5958 | 230 |
| P02 | 6441 | 3648 | 5330 | 115 |
| P03 | 8828 | 3856 | 6737 | 162 |
| max/min | 8828 | 3856 | 6737 | 230 |

SISMICA-SLV

| | Nmax | Nmin | Nmedio | Vmax |
|----------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| P01 | 5329 | 2031 | 3691 | 184 |
| P02 | 4107 | 2800 | 3455 | 57 |
| P03 | 5534 | 3052 | 4322 | 109 |
| max/min | 5534 | 3052 | 4322 | 184 |

SLE_Caratteristica

| | Nmax | Nmin | Vmax |
|----------------|-------------|-------------|------------|
| P01 | 5570 | 2611 | 106 |
| P02 | 4457 | 2795 | 51 |
| P03 | 6068 | 2977 | 81 |
| max/min | 6068 | 2611 | 106 |

SLE_Frequente

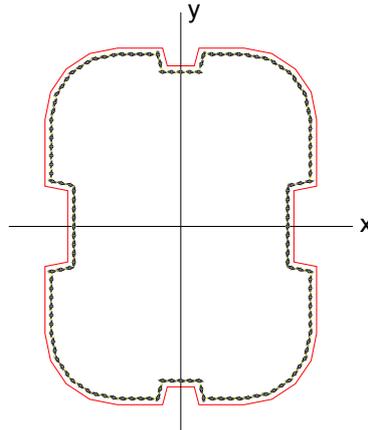
| | Nmax | Nmin | Vmax |
|----------------|-------------|-------------|-----------|
| P01 | 5208 | 2938 | 65 |
| P02 | 4215 | 3008 | 25 |
| P03 | 5698 | 3313 | 57 |
| max/min | 5698 | 2938 | 65 |

SLE_Quasi Permanente

| | Nmax | Nmin | Vmax |
|----------------|-------------|-------------|-----------|
| P01 | 4194 | 3189 | 45 |
| P02 | 3625 | 3301 | 10 |
| P03 | 4797 | 3815 | 44 |
| max/min | 4797 | 3189 | 45 |

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 136 ferri posti ad interasse 10 cm. Le differenziazioni delle armature per le pile avvengono solo a livello dei diametri adottati: $\Phi 18$ per la pila 01, $\Phi 22$ per la pila 02 e $\Phi 24$ per la pila 03.



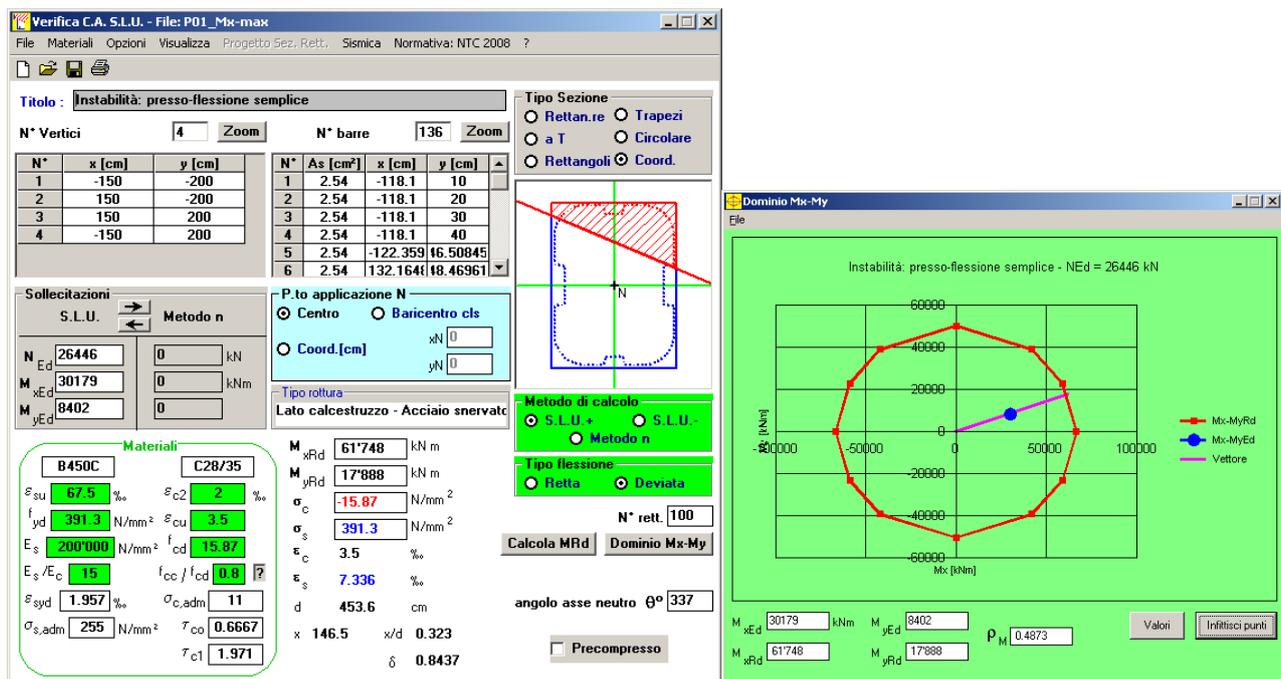
4.1 S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE

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.

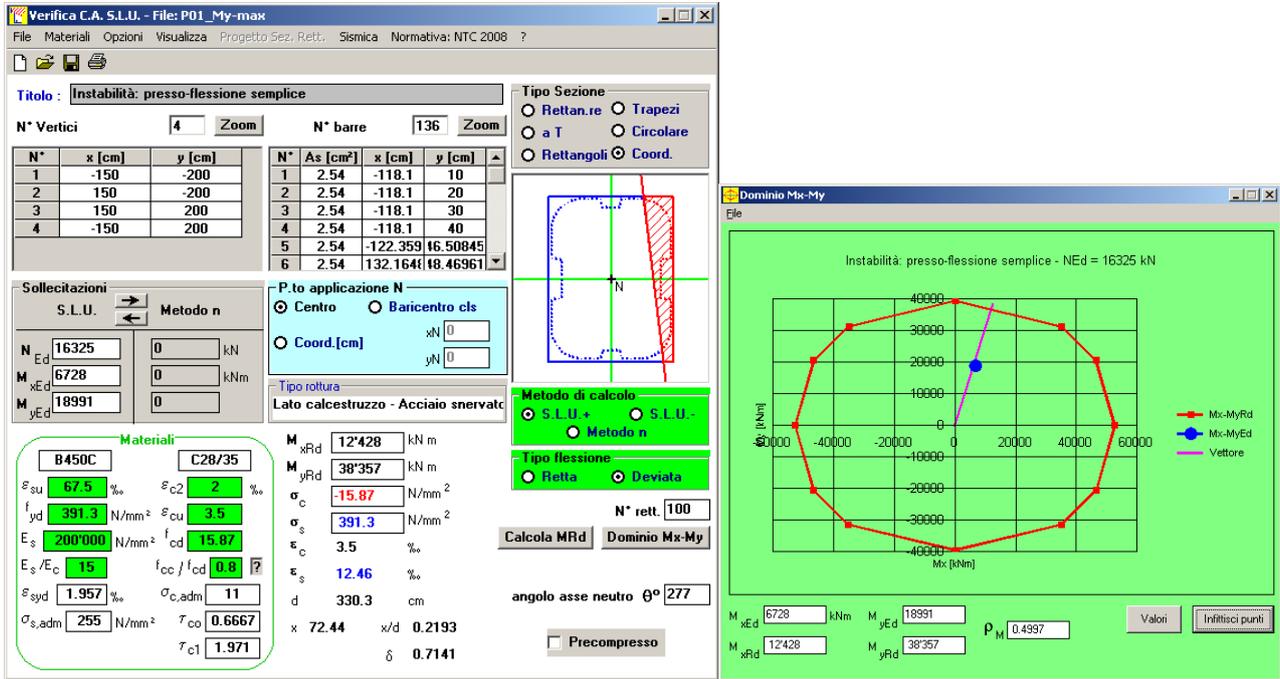
Si riporta di seguito l'output delle verifiche:

PILA 01

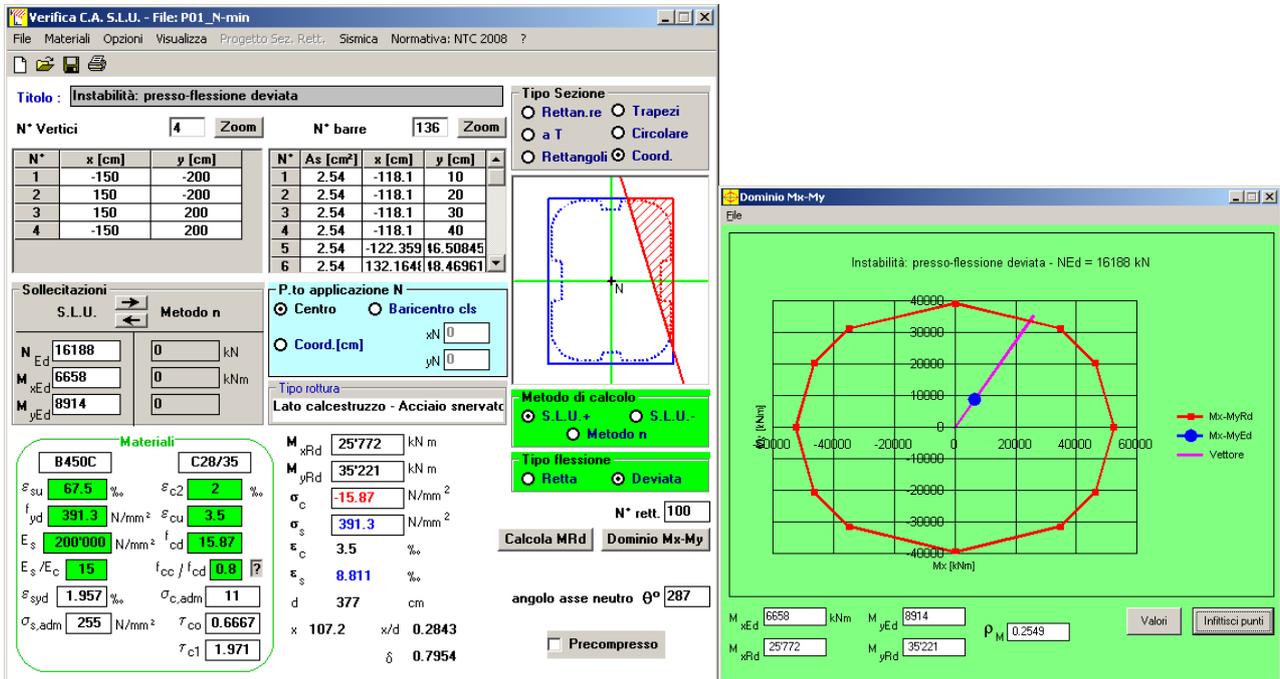
massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale

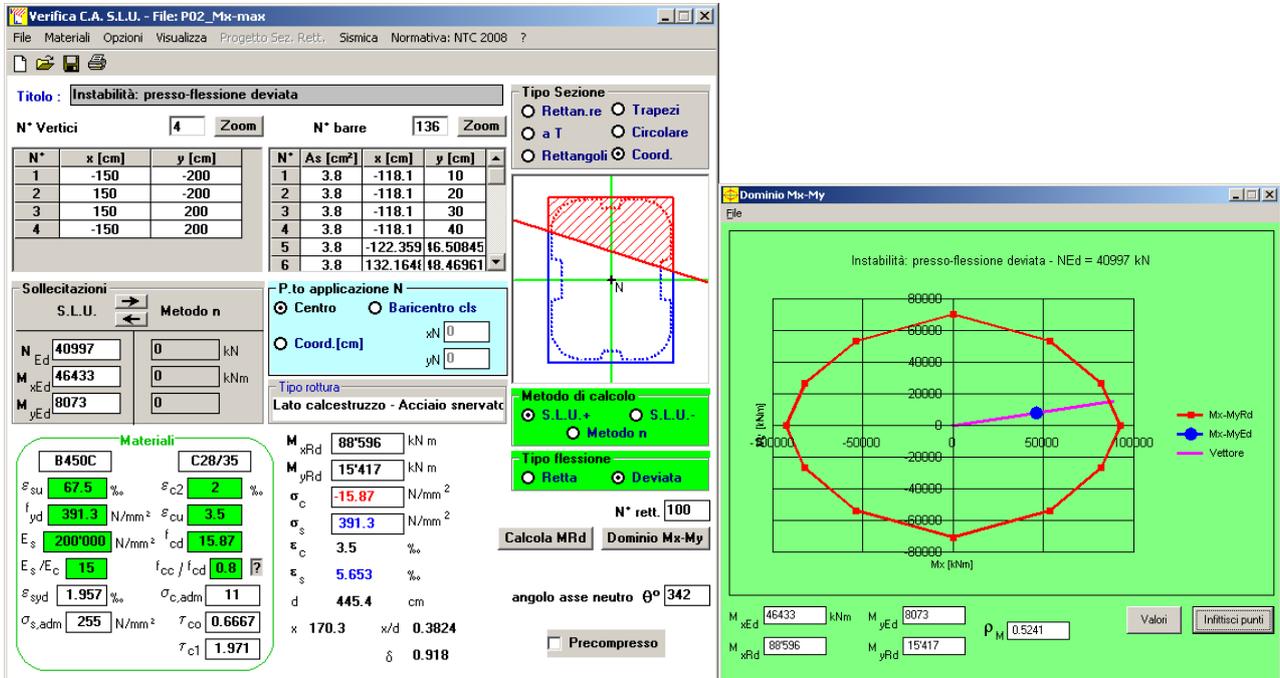


minimo sforzo assiale

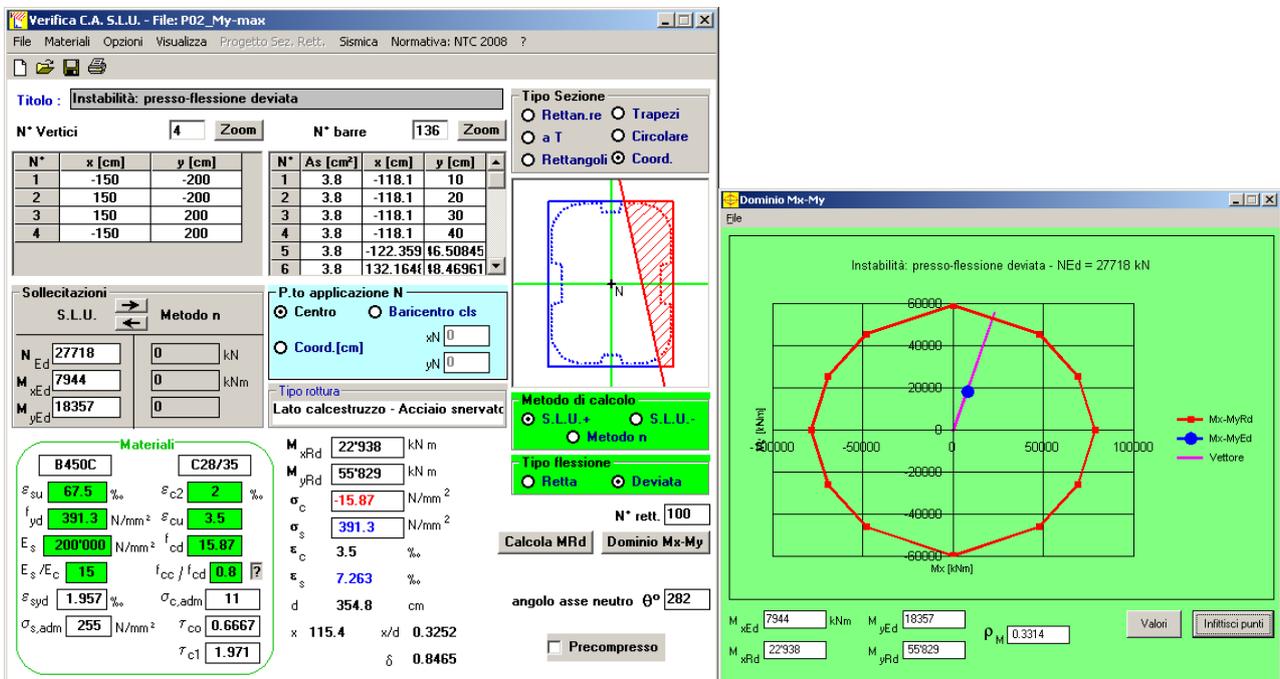


PILA 02

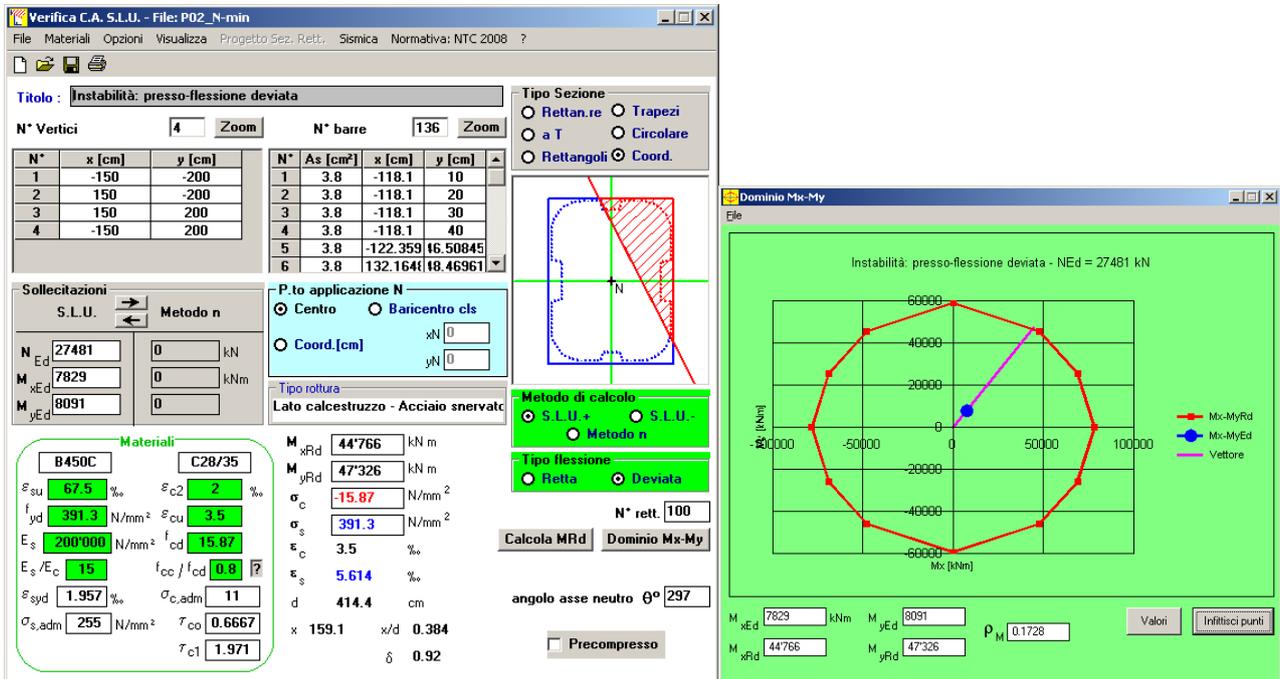
massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale

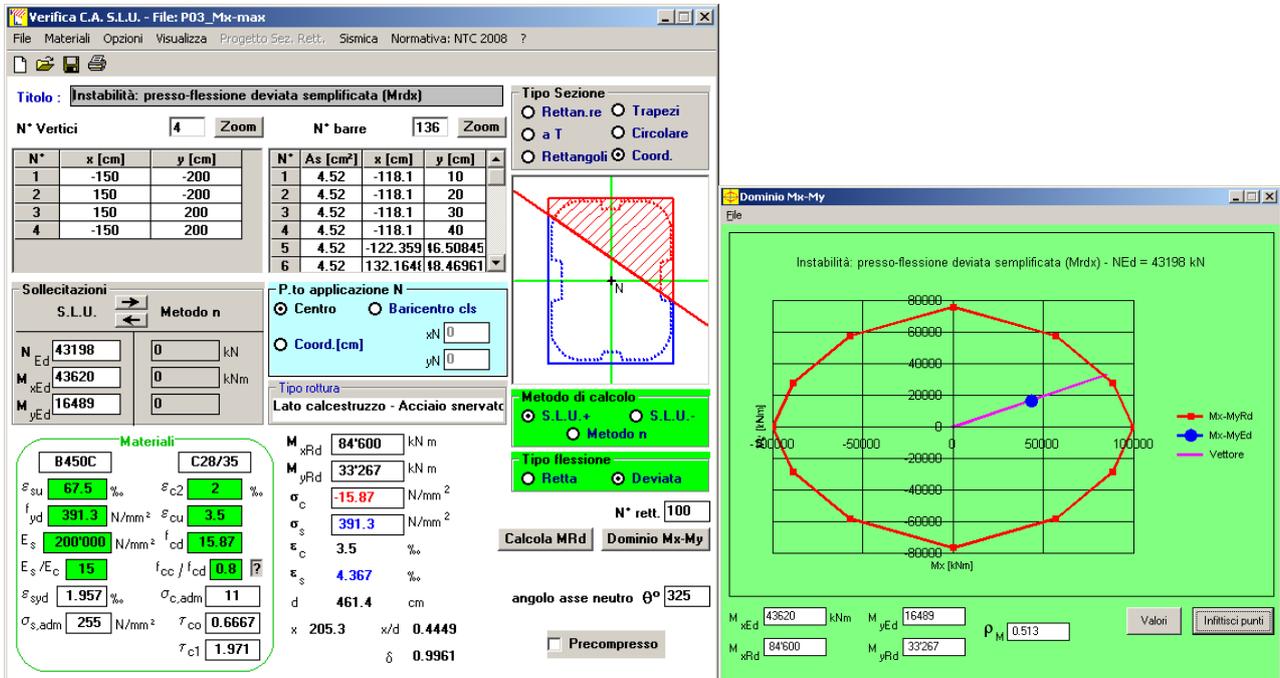


minimo sforzo assiale

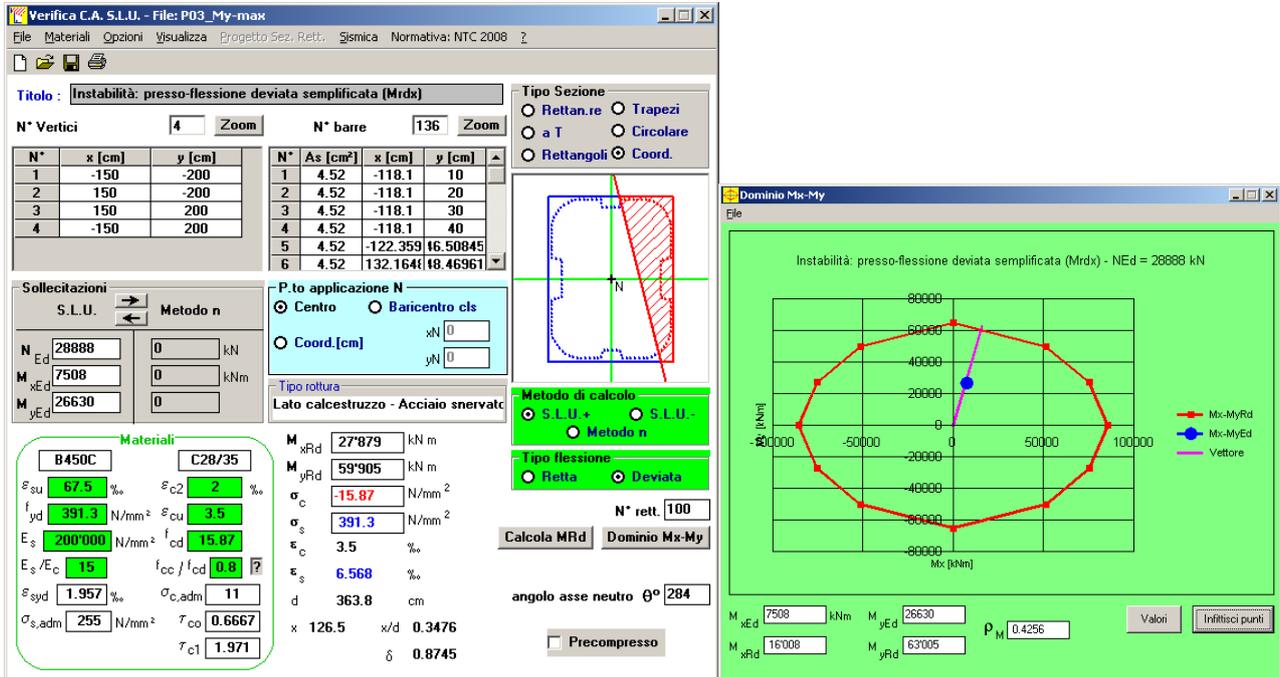


PILA 03

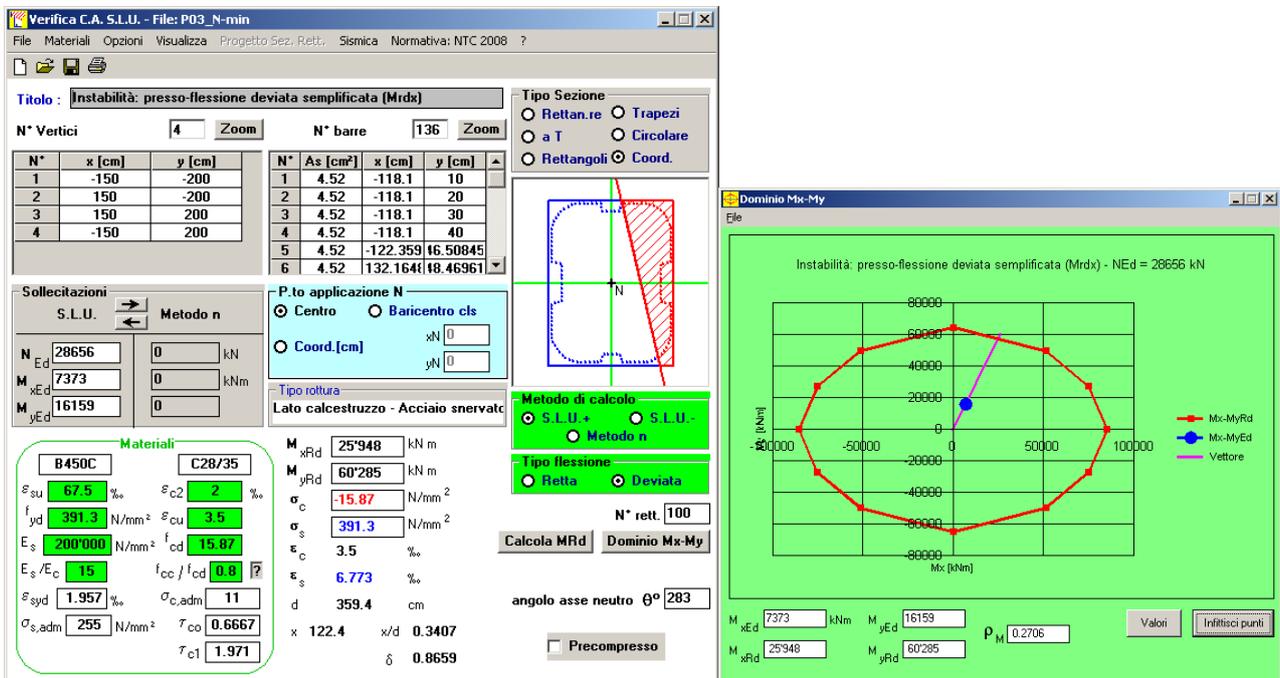
massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale



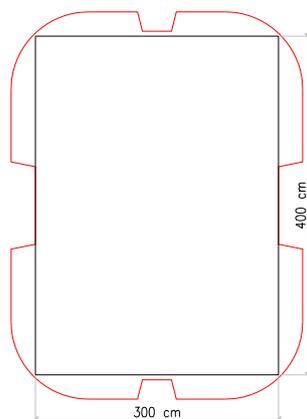
minimo sforzo assiale



| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 41 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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. 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 per tutte le pile, che risulta essere quella all'estradosso del plinto di fondazione. 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.



PILA 01

| | V long | V trasv | | |
|--|-----------|---------|-----------------|---|
| Sollecitazioni | | | | |
| V | = 1049.1 | 1305.2 | kN | taglio |
| N | = 16325.4 | 24101.9 | kN | sforzo normale (>0 compressione) |
| Geometria | | | | |
| B | = 3600 | 2500 | mm | larghezza sezione |
| H | = 3000 | 4000 | mm | altezza sezione |
| d | = 2950 | 3950 | mm | altezza utile |
| Materiali | | | | |
| R _{ck} | = 35 | 35 | | resistenza caratteristica cubica |
| f _{ck} | = 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| γ _c | = 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α _{cc} | = 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f _{cd} | = 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f' _{cd} | = 8.23 | 8.23 | MPa | resistenza ridotta |
| 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 _{sl} | = 34608 | 34608 | mm ² | armatura longitudinale |
| ρ _l | = 0.003 | 0.004 | | rapporto geometrico di armatura longitudinale |
| k | = 1.260 | 1.225 | | |
| V _{min} | = 0.267 | 0.256 | | |
| σ _{cp} | = 1.51 | 2.41 | MPa | tensione media calcestruzzo |
| σ _{cp,ad} | = 1.51 | 2.41 | MPa | tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd}) |
| V _{Rd} | = 5805.9 | 6716.3 | kN | taglio resistente |
| FS | = 5.53 | 5.15 | | |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 42 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

PILA 02

| | V long | V trasv | | | |
|-----------------------|--------|---------|---------|-----|---|
| Sollecitazioni | | | | | |
| V | = | 1049.1 | 1305.2 | kN | taglio |
| N | = | 16325.4 | 24101.9 | kN | sforzo normale (>0 compressione) |
| Geometria | | | | | |
| B | = | 3600 | 2500 | mm | larghezza sezione |
| H | = | 3000 | 4000 | mm | altezza sezione |
| d | = | 2950 | 3950 | mm | altezza utile |
| Materiali | | | | | |
| R _{ck} | = | 35 | 35 | | resistenza caratteristica cubica |
| f _{ck} | = | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| γ _c | = | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α _{cc} | = | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f _{cd} | = | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f' _{cd} | = | 8.23 | 8.23 | MPa | resistenza ridotta |
| 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 _{sl} | = | 51698 | 51698 | mm ² | armatura longitudinale |
| ρ _l | = | 0.005 | 0.005 | | rapporto geometrico di armatura longitudinale |
| k | = | 1.260 | 1.225 | | |
| V _{min} | = | 0.267 | 0.256 | | |
| σ _{cp} | = | 1.51 | 2.41 | MPa | tensione media calcestruzzo |
| σ _{cp,ad} | = | 1.51 | 2.41 | MPa | tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd) |
| V _{Rd} | = | 6292.2 | 7166.7 | kN | taglio resistente |
| FS | = | 6.00 | 5.49 | | |

PILA 03

| | V long | V trasv | | | |
|-----------------------|--------|---------|---------|-----|---|
| Sollecitazioni | | | | | |
| V | = | 957.1 | 1302.1 | kN | taglio |
| N | = | 28888.3 | 42822.8 | kN | sforzo normale (>0 compressione) |
| Geometria | | | | | |
| B | = | 3600 | 2500 | mm | larghezza sezione |
| H | = | 3000 | 4000 | mm | altezza sezione |
| d | = | 2950 | 3950 | mm | altezza utile |
| Materiali | | | | | |
| R _{ck} | = | 35 | 35 | | resistenza caratteristica cubica |
| f _{ck} | = | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| γ _c | = | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α _{cc} | = | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f _{cd} | = | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f' _{cd} | = | 8.23 | 8.23 | MPa | resistenza ridotta |
| 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 _{sl} | = | 61525 | 61525 | mm ² | armatura longitudinale |
| ρ _l | = | 0.006 | 0.006 | | rapporto geometrico di armatura longitudinale |
| k | = | 1.260 | 1.225 | | |
| V _{min} | = | 0.267 | 0.256 | | |
| σ _{cp} | = | 2.67 | 4.28 | MPa | tensione media calcestruzzo |
| σ _{cp,ad} | = | 2.67 | 3.29 | MPa | tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd) |
| V _{Rd} | = | 8377.2 | 8688.1 | kN | taglio resistente |
| FS | = | 8.75 | 6.67 | | |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 43 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.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.

| condizioni ambientali aggressive armature poco sensibili | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|--|
| Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione | | | | | | | | | | | | |
| σ_s [MPa] | $w_2=0.30$ mm | | | | | | | | | | $w_1=0.20$ mm | |
| | \emptyset | | | | | | | | | | | |
| 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] | $w_2=0.30$ mm | | | | | | | | | | $w_1=0.20$ mm | |
| | \emptyset | | | | | | | | | | | |
| 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 01

Sollecitazioni agenti

| combinazione | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|--|
| | freq 1 | freq 2 | freq 3 | freq 4 | freq 5 | freq 6 | freq 7 | freq 8 | qp1 | qp2 | | |
| N | 19671 | 19594 | 19669 | 19592 | 15000 | 14923 | 14998 | 14921 | 16459 | 16394 | kN | sforzo assiale |
| M_x | 10264 | 10474 | 5016 | 5225 | 1730 | 1940 | -3518 | -3309 | 2934 | 3108 | kNm | momento flettente trasversale |
| M_y | 3435 | 5327 | 2955 | 4847 | 3037 | 4929 | 2557 | 4449 | 3016 | 4593 | kNm | momento flettente longitudinale |
| $\sigma_{s,max}$ | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 160 | 160 | MPa | tensione massima nell'acciaio da normativa |
| $\sigma_{Sd,max}$ | - | - | - | - | - | - | - | 0 | - | - | MPa | tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo |
| | OK | OK | OK | | |

PILA 02

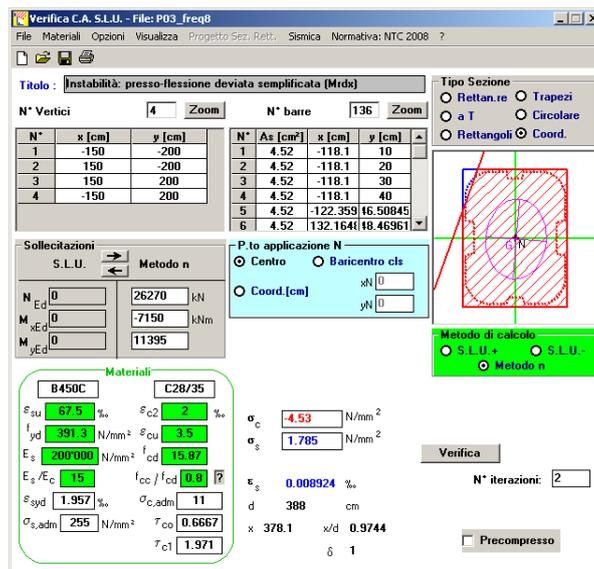
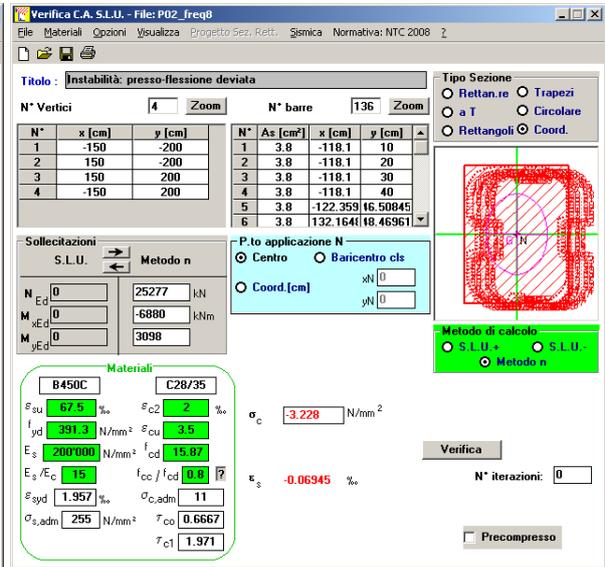
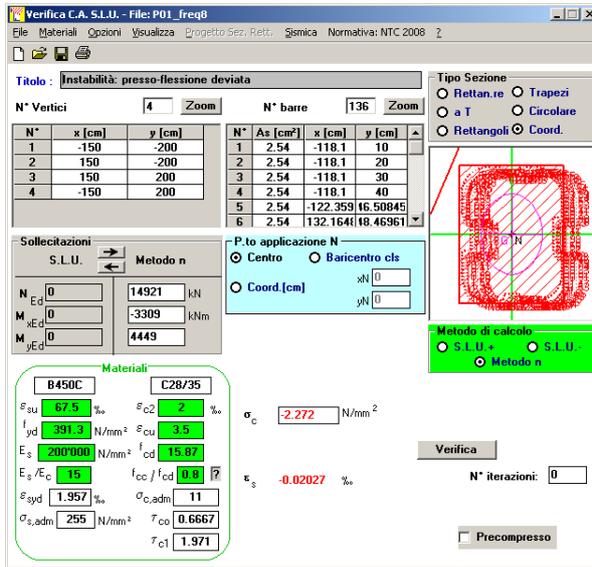
Sollecitazioni agenti

| combinazione | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|--|
| | freq 1 | freq 2 | freq 3 | freq 4 | freq 5 | freq 6 | freq 7 | freq 8 | qp1 | qp2 | | |
| N | 32203 | 32179 | 32204 | 32180 | 25300 | 25277 | 25301 | 25277 | 27846 | 27827 | kN | sforzo assiale |
| M_x | 11466 | 11749 | 2039 | 2322 | 2265 | 2547 | -7162 | -6880 | 2729 | 2964 | kNm | momento flettente trasversale |
| M_y | 4198 | 4449 | 3637 | 3888 | 3409 | 3660 | 2847 | 3098 | 3480 | 3689 | kNm | momento flettente longitudinale |
| $\sigma_{s,max}$ | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 160 | 160 | MPa | tensione massima nell'acciaio da normativa |
| $\sigma_{Sd,max}$ | - | - | - | - | - | - | - | 0 | - | - | MPa | tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo |
| | OK | OK | OK | | |

PILA 03

Sollecitazioni agenti

| combinazione | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|--|
| | freq 1 | freq 2 | freq 3 | freq 4 | freq 5 | freq 6 | freq 7 | freq 8 | qp1 | qp2 | | |
| N | 33732 | 33419 | 33728 | 33415 | 26586 | 26274 | 26582 | 26270 | 29273 | 29013 | kN | sforzo assiale |
| M_x | 11047 | 10951 | 2305 | 2209 | 1688 | 1592 | -7054 | -7150 | 2653 | 2573 | kNm | momento flettente trasversale |
| M_y | 11992 | 13992 | 11500 | 13500 | 9888 | 11888 | 9395 | 11395 | 9999 | 11666 | 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 | - | - | MPa | tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo |
| | OK | OK | OK | | |



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: 0,80 f_{yk} in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_rara8

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata

N° Vertici: 4 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | -150 | -200 |
| 2 | 150 | -200 |
| 3 | 150 | 200 |
| 4 | -150 | 200 |

N° barre: 136 Zoom

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|----------|----------|
| 1 | 2.54 | -118.1 | 10 |
| 2 | 2.54 | -118.1 | 20 |
| 3 | 2.54 | -118.1 | 30 |
| 4 | 2.54 | -118.1 | 40 |
| 5 | 2.54 | -122.359 | 16.50845 |
| 6 | 2.54 | 132.164 | 18.46961 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{Ed}: -857 kNm
 M_{yEd}: 3970 kNm

P.to applicazione N: Centro

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

Materiali: B450C, C28/35

ϵ_{su} : 67.5 %
 ϵ_{c2} : 2 %
 f_{yd} : 391.3 N/mm²
 ϵ_{cu} : 3.5 %
 E_s : 200000 N/mm²
 f_{cd} : 15.87 N/mm²
 E_s/E_c : 15
 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 %
 $\sigma_{c,adm}$: 11 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm²
 τ_{co} : 0.6667
 τ_{c1} : 1.971

σ_c : -2.838 N/mm²
 σ_s : 3.074 N/mm²

ϵ_s : 0.01537 %
 d: 459.8 cm
 x: 428.8 x/d: 0.9327

N° iterazioni: 2

Verifica

Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: P02_rara8

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata

N° Vertici: 4 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | -150 | -200 |
| 2 | 150 | -200 |
| 3 | 150 | 200 |
| 4 | -150 | 200 |

N° barre: 136 Zoom

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|----------|----------|
| 1 | 3.8 | -118.1 | 10 |
| 2 | 3.8 | -118.1 | 20 |
| 3 | 3.8 | -118.1 | 30 |
| 4 | 3.8 | -118.1 | 40 |
| 5 | 3.8 | -122.359 | 16.50845 |
| 6 | 3.8 | 132.164 | 18.46961 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 25278 kN
 M_{Ed}: -16306 kNm
 M_{yEd}: 2537 kNm

P.to applicazione N: Centro

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

Materiali: B450C, C28/35

ϵ_{su} : 67.5 %
 ϵ_{c2} : 2 %
 f_{yd} : 391.3 N/mm²
 ϵ_{cu} : 3.5 %
 E_s : 200000 N/mm²
 f_{cd} : 15.87 N/mm²
 E_s/E_c : 15
 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 %
 $\sigma_{c,adm}$: 11 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm²
 τ_{co} : 0.6667
 τ_{c1} : 1.971

σ_c : -4.222 N/mm²
 σ_s : 0.3244 N/mm²

ϵ_s : 0.001622 %
 d: 439.9 cm
 x: 437.6 x/d: 0.9949

N° iterazioni: 2

Verifica

Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: P03_rara8

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (Mrds)

N° Vertici: 4 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | -150 | -200 |
| 2 | 150 | -200 |
| 3 | 150 | 200 |
| 4 | -150 | 200 |

N° barre: 136 Zoom

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|----------|----------|
| 1 | 4.52 | -118.1 | 10 |
| 2 | 4.52 | -118.1 | 20 |
| 3 | 4.52 | -118.1 | 30 |
| 4 | 4.52 | -118.1 | 40 |
| 5 | 4.52 | -122.359 | 16.50845 |
| 6 | 4.52 | 132.164 | 18.46961 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 26266 kN
 M_{Ed}: -15892 kNm
 M_{yEd}: 10902 kNm

P.to applicazione N: Centro

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

Materiali: B450C, C28/35

ϵ_{su} : 67.5 %
 ϵ_{c2} : 2 %
 f_{yd} : 391.3 N/mm²
 ϵ_{cu} : 3.5 %
 E_s : 200000 N/mm²
 f_{cd} : 15.87 N/mm²
 E_s/E_c : 15
 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 %
 $\sigma_{c,adm}$: 11 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm²
 τ_{co} : 0.6667
 τ_{c1} : 1.971

σ_c : -5.605 N/mm²
 σ_s : 15.84 N/mm²

ϵ_s : 0.0792 %
 d: 446.5 cm
 x: 375.7 x/d: 0.8415

N° iterazioni: 3

Verifica

Precompresso

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 47 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 48 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 49 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.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:

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 50 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 51 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.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 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. 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.

PILA 01

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

| | Nmax | Mx,max | My,max | | |
|------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---|
| Materiali | | | | | |
| R_{ck} | = 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = 29.1 | 29.1 | 29.1 | 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} | = 14.11 | 14.11 | 14.11 | 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} | = 450.0 | 450.0 | 450.0 | 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} | = 0.0019 | 0.0019 | 0.0019 | | deformazione allo snervamento di calcolo |
| Geometria | | | | | |
| d_x | = 2.95 | 2.95 | 2.95 | m | altezza utile longitudinale |
| d_y | = 3.95 | 3.95 | 3.95 | m | altezza utile trasversale |
| A_c | = 10.88 | 10.88 | 10.88 | m ² | area sezione trasversale |
| L | = 19.06 | 19.06 | 19.06 | m | altezza elemento |
| J_x | = 13.63 | 13.63 | 13.63 | m ⁴ | momento d'inerzia trasversale |
| J_y | = 7.22 | 7.22 | 7.22 | m ⁴ | momento d'inerzia longitudinale |
| i_x | = 0.81 | 0.81 | 0.81 | m ² | raggio d'inerzia longitudinale |
| i_y | = 1.12 | 1.12 | 1.12 | m ² | raggio d'inerzia trasversale |
| A_s | = 34608 | 34608 | 34608 | mm ² | area armatura longitudinale totale disposta nella sezione |
| ω | = 0.09 | 0.09 | 0.09 | | 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} | = 38.12 | 38.12 | 38.12 | m | lunghezza libera d'inflessione longitudinale |
| L_{0y} | = 38.12 | 38.12 | 38.12 | m | lunghezza libera d'inflessione trasversale |
| λ_x | = 46.8 | 46.8 | 46.8 | | snellezza longitudinale |
| λ_y | = 34.1 | 34.1 | 34.1 | | snellezza trasversale |
| λ | = 46.8 | 46.8 | 46.8 | | snellezza massima |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 52 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

Eccentricità

| | | | | | | |
|---------------|---|--------------|--------------|--------------|---|---------------------------------------|
| 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 | = | 0.003 | 0.003 | 0.003 | | |
| e_{ix} | = | 0.06 | 0.06 | 0.06 | m | eccentricità aggiuntiva longitudinale |
| e_{iy} | = | 0.06 | 0.06 | 0.06 | m | eccentricità aggiuntiva trasversale |

Sollecitazioni

| | | | | | | |
|-------------|---|----------------|----------------|----------------|------|--|
| N_{Ed} | = | 27977.9 | 26445.9 | 16325.4 | kN | sforzo normale di calcolo |
| $M_{1,x}$ | = | 24156.9 | 30178.6 | 6728.4 | kN*m | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{2,x}$ | = | 24156.9 | 30178.6 | 6728.4 | kN*m | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{1,y}$ | = | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kN*m | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{2,y}$ | = | 5443.6 | 8402.4 | 18990.6 | kN*m | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{01,x}$ | = | 25934 | 31859 | 7766 | kN*m | minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{02,x}$ | = | 25934 | 31859 | 7766 | kN*m | massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{01,y}$ | = | 1777.5 | 1680.2 | 1037.2 | kN*m | minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{02,y}$ | = | 7221.1 | 10082.6 | 20027.8 | kN*m | massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{0Ed,x}$ | = | 25934.4 | 31858.8 | 7765.6 | kN*m | momento flettente di calcolo trasversale equivalente |
| $M_{0Ed,y}$ | = | 5043.7 | 6721.6 | 12431.6 | kN*m | momento flettente di calcolo longitudinale equivalente |

Valutazione della snellezza limite

| | | | | | | |
|-----------------|---|-------------|-------------|-------------|--|--|
| A | = | 0.70 | 0.70 | 0.70 | | |
| B | = | 1.08 | 1.08 | 1.08 | | 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 | = | 0.18 | 0.17 | 0.11 | | forza assiale adimensionale |
| λ_{lim} | = | 24.9 | 25.6 | 32.6 | | snellezza limite |
| | | NO | NO | NO | | |

Buckling

| | | | | | | |
|------------------------|---|-------------|------|------|--|--|
| n_u | = | 1.09 | 1.09 | 1.09 | | |
| n_{bal} | = | 0.40 | 0.40 | 0.40 | | |
| K_τ | = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | coefficiente correttivo funzione del carico assiale |
| $\varphi(\infty, t_0)$ | = | 2.00 | 2.00 | 2.00 | | 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 |
| $\varphi_{eff,x}$ | = | 1.48 | 1.48 | 1.48 | | coefficiente di viscosità efficace |
| β_x | = | 0.18 | 0.18 | 0.18 | | |
| $K_{\varphi x}$ | = | 1.27 | 1.27 | 1.27 | | coefficiente che tiene conto della viscosità |
| $(1/r_0)_x$ | = | 0.0014 | 0.0014 | 0.0014 | | |
| $(1/r)_x$ | = | 0.0018 | 0.0018 | 0.0018 | | curvatura longitudinale |
| e_{2x} | = | 0.27 | 0.27 | 0.27 | m | inflessione longitudinale |
| M_{2y} | = | 7494.8 | 7084.4 | 4373.3 | kNm | momento nominale del 2° ordine longitudinale |
| M_{Edy} | = | 12538.5 | 13806.0 | 16804.9 | kNm | momento di progetto longitudinale |

Buckling trasversale

| | | | | | | |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----|--|
| M_{SLE}/M_{SLU} | = | 0.74 | 0.74 | 0.74 | | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,y}$ | = | 1.48 | 1.48 | 1.48 | | coefficiente di viscosità efficace |
| β_y | = | 0.27 | 0.27 | 0.27 | | |
| $K_{\varphi y}$ | = | 1.40 | 1.40 | 1.40 | | |
| $(1/r_0)_y$ | = | 0.0011 | 0.0011 | 0.0011 | | curvatura trasversale |
| $(1/r)_y$ | = | 0.0015 | 0.0015 | 0.0015 | | curvatura trasversale |
| e_{2y} | = | 0.22 | 0.22 | 0.22 | m | inflessione trasversale |
| M_{2x} | = | 6151.2 | 5814.3 | 3589.3 | kNm | momento nominale del 2° ordine trasversale |
| M_{Edx} | = | 32085.6 | 37673.1 | 11354.9 | kNm | momento di progetto trasversale |

Buckling flessione deviata - verifica geometrica

| | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|---|---|
| $\lambda_{max}/\lambda_{min}$ | = | 1.37 | 1.37 | 1.37 | | rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice) |
| $b_{x,eq}$ | = | 2.82 | 2.82 | 2.82 | m | dimensione longitudinale equivalente |
| $b_{y,eq}$ | = | 3.88 | 3.88 | 3.88 | m | dimensione trasversale equivalente |
| e_x | = | 0.12 | 0.19 | 0.70 | m | eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_y | = | 0.86 | 1.14 | 0.41 | m | eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_{x0} | = | 0.18 | 0.25 | 0.76 | m | eccentricità longitudinale |
| e_{y0} | = | 0.93 | 1.20 | 0.48 | m | eccentricità trasversale |
| e/b | = | 0.14 | 0.15 | 0.17 | | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti |

Buckling flessione deviata - verifica semplificata

| | | | | | | |
|-----------|---|---|---|--------------|-----|--|
| N_{Rd} | = | - | - | 167059 | kN | forza nominale resistente |
| a | = | - | - | 1.00 | | esponente del dominio |
| M_{Rdx} | = | - | - | 52615 | kNm | momento resistente trasversale per pressoflessione retta |
| M_{Rdy} | = | - | - | 39474 | kNm | momento resistente longitudinale per pressoflessione retta |
| check | = | - | - | 0.64 | | se < 1 verifica soddisfatta |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 53 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

PILA 02

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

| Materiali | Nmax | Mx,max | My,max | | |
|---|------------------|----------------|----------------|-----------------|--|
| R_{ck} | = 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = 29.1 | 29.1 | 29.1 | 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} | = 14.11 | 14.11 | 14.11 | 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} | = 450.0 | 450.0 | 450.0 | 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} | = 0.0019 | 0.0019 | 0.0019 | | deformazione allo snervamento di calcolo |
| Geometria | | | | | |
| d_x | = 2.95 | 2.95 | 2.95 | m | altezza utile longitudinale |
| d_y | = 3.95 | 3.95 | 3.95 | m | altezza utile trasversale |
| A_c | = 10.88 | 10.88 | 10.88 | m ² | area sezione trasversale |
| L | = 31.06 | 31.06 | 31.06 | m | altezza elemento |
| J_x | = 13.63 | 13.63 | 13.63 | m ⁴ | momento d'inerzia trasversale |
| J_y | = 7.22 | 7.22 | 7.22 | m ⁴ | momento d'inerzia longitudinale |
| i_x | = 0.81 | 0.81 | 0.81 | m ² | raggio d'inerzia longitudinale |
| i_y | = 1.12 | 1.12 | 1.12 | m ² | raggio d'inerzia trasversale |
| A_s | = 51698 | 51698 | 51698 | mm ² | area armatura longitudinale totale disposta nella sezione |
| ω | = 0.13 | 0.13 | 0.13 | | 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} | = 62.12 | 62.12 | 62.12 | m | lunghezza libera d'inflessione longitudinale |
| L_{0y} | = 62.12 | 62.12 | 62.12 | m | lunghezza libera d'inflessione trasversale |
| λ_x | = 76.3 | 76.3 | 76.3 | | snellezza longitudinale |
| λ_y | = 55.5 | 55.5 | 55.5 | | snellezza trasversale |
| λ | = 76.3 | 76.3 | 76.3 | | snellezza massima |
| Eccentricità | | | | | |
| 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 | = 0.003 | 0.003 | 0.003 | | |
| e_{ix} | = 0.10 | 0.10 | 0.10 | m | eccentricità aggiuntiva longitudinale |
| e_{iy} | = 0.10 | 0.10 | 0.10 | m | eccentricità aggiuntiva trasversale |
| Sollecitazioni | | | | | |
| N_{Ed} | = 45428.0 | 40997.0 | 27717.9 | kN | sforzo normale di calcolo |
| $M_{1,x}$ | = 32297.4 | 46433.2 | 7944.2 | kN*m | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{2,x}$ | = 32297.4 | 46433.2 | 7944.2 | kN*m | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{1,y}$ | = 0.0 | 0.0 | 0.0 | kN*m | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{2,y}$ | = 7515.2 | 8072.6 | 18356.8 | kN*m | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{01,x}$ | = 37001 | 50678 | 10814 | kN*m | minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{02,x}$ | = 37001 | 50678 | 10814 | kN*m | massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{01,y}$ | = 4703.3 | 4244.6 | 2869.7 | kN*m | minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{02,y}$ | = 12218.5 | 12317.2 | 21226.6 | kN*m | massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{0Ed,x}$ | = 37000.7 | 50677.8 | 10813.9 | kN*m | momento flettente di calcolo trasversale equivalente |
| $M_{0Ed,y}$ | = 9212.4 | 9088.1 | 13883.8 | kN*m | momento flettente di calcolo longitudinale equivalente |
| Valutazione della snellezza limite | | | | | |
| A | = 0.70 | 0.70 | 0.70 | | |
| B | = 1.12 | 1.12 | 1.12 | | 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 | = 0.30 | 0.27 | 0.18 | | forza assiale adimensionale |
| λ_{lim} | = 20.3 | 21.3 | 25.9 | | snellezza limite |
| | NO | NO | NO | | |
| Buckling | | | | | |
| n_u | = 1.13 | 1.13 | 1.13 | | |
| n_{bal} | = 0.40 | 0.40 | 0.40 | | |
| K_r | = 1.00 | 1.00 | 1.00 | | coefficiente correttivo funzione del carico assiale |
| $\varphi(\infty, t_0)$ | = 2.00 | 2.00 | 2.00 | | coefficiente di viscosità a tempo infinito |
| c | = 9.87 | 9.87 | 9.87 | | fattore funzione della distribuzione della curvatura |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 54 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

Buckling longitudinale

| | | | | | |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|---|
| M_{SLE}/M_{SLU} | = | 0.74 | 0.74 | 0.74 | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,x}$ | = | 1.48 | 1.48 | 1.48 | coefficiente di viscosità efficace |
| β_x | = | -0.01 | -0.01 | -0.01 | |
| $K_{\varphi x}$ | = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | coefficiente che tiene conto della viscosità |
| $(1/r_0)_x$ | = | 0.0014 | 0.0014 | 0.0014 | |
| $(1/r)_x$ | = | 0.0014 | 0.0014 | 0.0014 | curvatura longitudinale |
| e_{2x} | = | 0.56 | 0.56 | 0.56 | m inflessione longitudinale |
| M_{2y} | = | 25415.6 | 22936.5 | 15507.3 | kNm momento nominale del 2° ordine longitudinale |
| M_{Edy} | = | 34628.0 | 32024.7 | 29391.2 | kNm momento di progetto longitudinale |

Buckling trasversale

| | | | | | |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|---|
| M_{SLE}/M_{SLU} | = | 0.74 | 0.74 | 0.74 | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,y}$ | = | 1.48 | 1.48 | 1.48 | coefficiente di viscosità efficace |
| β_y | = | 0.13 | 0.13 | 0.13 | |
| $K_{\varphi y}$ | = | 1.19 | 1.19 | 1.19 | |
| $(1/r_0)_y$ | = | 0.0011 | 0.0011 | 0.0011 | curvatura trasversale |
| $(1/r)_y$ | = | 0.0013 | 0.0013 | 0.0013 | curvatura trasversale |
| e_{2y} | = | 0.50 | 0.50 | 0.50 | m inflessione trasversale |
| M_{2x} | = | 22503.2 | 20308.2 | 13730.3 | kNm momento nominale del 2° ordine trasversale |
| M_{Edx} | = | 59503.9 | 70986.0 | 24544.3 | kNm momento di progetto trasversale |

Buckling flessione deviata - verifica geometrica

| | | | | | |
|-------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|---|
| $\lambda_{max}/\lambda_{min}$ | = | 1.37 | 1.37 | 1.37 | rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice) |
| $b_{x,eq}$ | = | 2.82 | 2.82 | 2.82 | m dimensione longitudinale equivalente |
| $b_{y,eq}$ | = | 3.88 | 3.88 | 3.88 | m dimensione trasversale equivalente |
| e_x | = | 0.10 | 0.12 | 0.40 | m eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_y | = | 0.71 | 1.13 | 0.29 | m eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_{x0} | = | 0.20 | 0.22 | 0.50 | m eccentricità longitudinale |
| e_{y0} | = | 0.81 | 1.24 | 0.39 | m eccentricità trasversale |
| e/b | = | 0.18 | 0.13 | 0.93 | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti |

Buckling flessione deviata - verifica semplificata

| | | | | | |
|-----------|---|---|---|--------------|---|
| N_{Rd} | = | - | - | 173746 | kN forza nominale resistente |
| a | = | - | - | 1.50 | esponente del dominio |
| M_{Rdx} | = | - | - | 78552 | kNm momento resistente trasversale per pressoflessione retta |
| M_{Rdy} | = | - | - | 59441 | kNm momento resistente longitudinale per pressoflessione retta |
| check | = | - | - | 0.52 | se < 1 verifica soddisfatta |

PILA 03

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

| Materiali | Nmax | Mx,max | My,max | | |
|------------------|------|---------------|---------------|---------------|--|
| R_{ck} | = | 35 | 35 | 35 | MPa resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 29.1 | 29.1 | 29.1 | 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} | = | 14.11 | 14.11 | 14.11 | 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} | = | 450.0 | 450.0 | 450.0 | 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} | = | 0.0019 | 0.0019 | 0.0019 | deformazione allo snervamento di calcolo |
| Geometria | | | | | |
| d_x | = | 2.95 | 2.95 | 2.95 | m altezza utile longitudinale |
| d_y | = | 3.95 | 3.95 | 3.95 | m altezza utile trasversale |
| A_c | = | 10.88 | 10.88 | 10.88 | m ² area sezione trasversale |
| L | = | 29.86 | 29.86 | 29.86 | m altezza elemento |
| J_x | = | 13.63 | 13.63 | 13.63 | m ⁴ momento d'inerzia trasversale |
| J_y | = | 7.22 | 7.22 | 7.22 | m ⁴ momento d'inerzia longitudinale |
| i_x | = | 0.81 | 0.81 | 0.81 | m ² raggio d'inerzia longitudinale |
| i_y | = | 1.12 | 1.12 | 1.12 | m ² raggio d'inerzia trasversale |
| A_s | = | 61525 | 61525 | 61525 | mm ² area armatura longitudinale totale disposta nella sezione |
| ω | = | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 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 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 55 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | | | |
|-------------|---|-------|-------|-------|---|--|
| L_{0x} | = | 59.72 | 59.72 | 59.72 | m | lunghezza libera d'inflessione longitudinale |
| L_{0y} | = | 59.72 | 59.72 | 59.72 | m | lunghezza libera d'inflessione trasversale |
| λ_x | = | 73.3 | 73.3 | 73.3 | | snellezza longitudinale |
| λ_y | = | 53.4 | 53.4 | 53.4 | | snellezza trasversale |
| λ | = | 73.3 | 73.3 | 73.3 | | snellezza massima |

Eccentricità

| | | | | | | |
|---------------|---|-------|-------|-------|---|---------------------------------------|
| 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 | = | 0.003 | 0.003 | 0.003 | | |
| e_{ix} | = | 0.10 | 0.10 | 0.10 | m | eccentricità aggiuntiva longitudinale |
| e_{iy} | = | 0.10 | 0.10 | 0.10 | m | eccentricità aggiuntiva trasversale |

Sollecitazioni

| | | | | | | |
|-------------|---|---------|---------|---------|------|--|
| N_{Ed} | = | 47482.6 | 43197.8 | 28888.3 | kN | sforzo normale di calcolo |
| $M_{1,x}$ | = | 30349.7 | 43620.3 | 7508.0 | kN*m | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{2,x}$ | = | 30349.7 | 43620.3 | 7508.0 | kN*m | momento flettente trasversale del primo ordine |
| $M_{1,y}$ | = | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kN*m | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{2,y}$ | = | 18048.2 | 16489.4 | 26630.3 | kN*m | momento flettente longitudinale del primo ordine |
| $M_{01,x}$ | = | 35076 | 47920 | 10383 | kN*m | minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{02,x}$ | = | 35076 | 47920 | 10383 | kN*m | massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto) |
| $M_{01,y}$ | = | 4726.1 | 4299.6 | 2875.3 | kN*m | minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{02,y}$ | = | 22774.3 | 20789.0 | 29505.6 | kN*m | massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto) |
| $M_{0Ed,x}$ | = | 35075.8 | 47919.9 | 10383.3 | kN*m | momento flettente di calcolo trasversale equivalente |
| $M_{0Ed,y}$ | = | 15555.0 | 14193.2 | 18853.5 | kN*m | momento flettente di calcolo longitudinale equivalente |

Valutazione della snellezza limite

| | | | | | | |
|-----------------|---|------|------|------|--|--|
| A | = | 0.70 | 0.70 | 0.70 | | |
| B | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | | 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 | = | 0.31 | 0.28 | 0.19 | | forza assiale adimensionale |
| λ_{lim} | = | 20.2 | 21.2 | 25.9 | | snellezza limite |
| | | NO | NO | NO | | |

Buckling

| | | | | | | |
|------------------------|---|------|------|------|--|--|
| n_u | = | 1.16 | 1.16 | 1.16 | | |
| n_{bal} | = | 0.40 | 0.40 | 0.40 | | |
| K_r | = | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | coefficiente correttivo funzione del carico assiale |
| $\varphi(\infty, t_0)$ | = | 2.00 | 2.00 | 2.00 | | 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 |
| $\varphi_{eff,x}$ | = | 1.48 | 1.48 | 1.48 | | coefficiente di viscosità efficace |
| β_x | = | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | |
| $K_{\varphi x}$ | = | 1.01 | 1.01 | 1.01 | | coefficiente che tiene conto della viscosità |
| $(1/r_0)_x$ | = | 0.0014 | 0.0014 | 0.0014 | | |
| $(1/r)_x$ | = | 0.0014 | 0.0014 | 0.0014 | | curvatura longitudinale |
| e_{2x} | = | 0.52 | 0.52 | 0.52 | m | inflessione longitudinale |
| M_{2y} | = | 24788.9 | 22552.0 | 15081.5 | kNm | momento nominale del 2° ordine longitudinale |
| M_{Edy} | = | 40343.9 | 36745.2 | 33935.0 | kNm | momento di progetto longitudinale |

Buckling trasversale

| | | | | | | |
|-------------------|---|---------|---------|---------|-----|--|
| M_{SLE}/M_{SLU} | = | 0.74 | 0.74 | 0.74 | | rapporto momento SLE/momento SLU |
| $\varphi_{eff,y}$ | = | 1.48 | 1.48 | 1.48 | | coefficiente di viscosità efficace |
| β_y | = | 0.14 | 0.14 | 0.14 | | |
| $K_{\varphi y}$ | = | 1.21 | 1.21 | 1.21 | | |
| $(1/r_0)_y$ | = | 0.0011 | 0.0011 | 0.0011 | | curvatura trasversale |
| $(1/r)_y$ | = | 0.0013 | 0.0013 | 0.0013 | | curvatura trasversale |
| e_{2y} | = | 0.47 | 0.47 | 0.47 | m | inflessione trasversale |
| M_{2x} | = | 22126.9 | 20130.2 | 13462.0 | kNm | momento nominale del 2° ordine trasversale |
| M_{Edx} | = | 57202.7 | 68050.1 | 23845.3 | kNm | momento di progetto trasversale |

Buckling flessione deviata - verifica geometrica

| | | | | | | |
|-------------------------------|---|------|------|------|---|---|
| $\lambda_{max}/\lambda_{min}$ | = | 1.37 | 1.37 | 1.37 | | rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice) |
| $b_{x,eq}$ | = | 2.82 | 2.82 | 2.82 | m | dimensione longitudinale equivalente |
| $b_{y,eq}$ | = | 3.88 | 3.88 | 3.88 | m | dimensione trasversale equivalente |
| e_x | = | 0.23 | 0.23 | 0.55 | m | eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_y | = | 0.64 | 1.01 | 0.26 | m | eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni |
| e_{x0} | = | 0.33 | 0.33 | 0.65 | m | eccentricità longitudinale |
| e_{y0} | = | 0.74 | 1.11 | 0.36 | m | eccentricità trasversale |
| e/b | = | 0.32 | 0.22 | 1.32 | | minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti |

Buckling flessione deviata - verifica semplificata

| | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|-----|--|
| N_{Rd} | = | 177592 | 177592 | 177592 | kN | forza nominale resistente |
| a | = | 1.50 | 1.50 | 1.50 | | esponente del dominio |
| M_{Rdx} | = | 103546 | 99957 | 85665 | kNm | momento resistente trasversale per pressoflessione retta |
| M_{Rdy} | = | 79058 | 76271 | 64996 | kNm | momento resistente longitudinale per pressoflessione retta |
| check | = | 0.78 | 0.90 | 0.52 | | se <1 verifica soddisfatta |

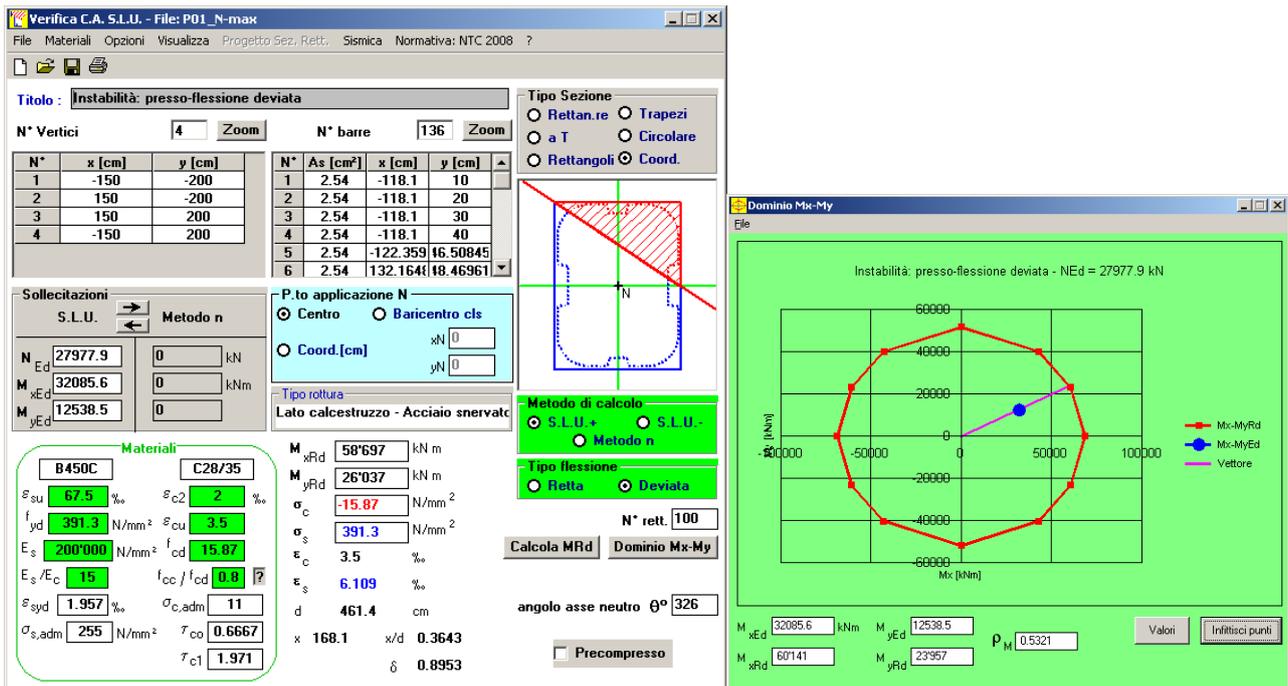
5.2.2 Verifica di resistenza per l'instabilità

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.

Si fa notare che, nella combinazione che massimizza lo sforzo assiale, laddove possibile, la verifica è stata condotta in presso-flessione deviata considerando agenti contemporaneamente i due momenti di progetto (trasversali e longitudinali): questa scelta, a favore di sicurezza, è stata fatta per semplificare i calcoli e non realizzare due verifiche in presso-flessione retta.

PILA 01

massimo sforzo assiale



massimo momento trasversale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_Mx-max

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

TITOLO: Instabilità: presso-flessione semplice

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 136 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|----------|----------|
| 1 | -150 | -200 | 1 | 2.54 | -118.1 | 10 |
| 2 | 150 | -200 | 2 | 2.54 | -118.1 | 20 |
| 3 | 150 | 200 | 3 | 2.54 | -118.1 | 30 |
| 4 | -150 | 200 | 4 | 2.54 | -118.1 | 40 |
| | | | 5 | 2.54 | -122.359 | 16.50845 |
| | | | 6 | 2.54 | 132.1641 | 18.46961 |

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed}: 26445.9 kN
 M_{xEd}: 37673.1 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Materiali
 B450C C28/35
 ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 15.87
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 11
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6667
 τ_{c1}: 1.971

M xRd: 66'713 kNm
 σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 3.5 ‰
 ε_s: 13.13 ‰
 d: 393.1 cm
 x: 82.74 x/d: 0.2105
 δ: 0.7031

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n
Tipo flessione
 Retta Deviata
 N° rett.: 100
 L₀: 0 cm Col. modello

Calcola MRD Dominio M-N

Precompresso

massimo momento longitudinale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_My-max(MrDx)

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

TITOLO: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (MrDx)

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 136 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|----------|----------|
| 1 | -150 | -200 | 1 | 2.54 | -118.1 | 10 |
| 2 | 150 | -200 | 2 | 2.54 | -118.1 | 20 |
| 3 | 150 | 200 | 3 | 2.54 | -118.1 | 30 |
| 4 | -150 | 200 | 4 | 2.54 | -118.1 | 40 |
| | | | 5 | 2.54 | -122.359 | 16.50845 |
| | | | 6 | 2.54 | 132.1641 | 18.46961 |

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed}: 16325.4 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Materiali
 B450C C28/35
 ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 15.87
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 11
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6667
 τ_{c1}: 1.971

M xRd: 52'615 kNm
 σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 3.5 ‰
 ε_s: 19.81 ‰
 d: 393.1 cm
 x: 59.02 x/d: 0.1501
 δ: 0.7

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_My-max(MrDy)

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

TITOLO: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (MrDy)

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 136 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|----------|--------|
| 1 | -200 | -150 | 1 | 2.54 | 119.3204 | 143.1 |
| 2 | 200 | -150 | 2 | 2.54 | 109.32 | 143.1 |
| 3 | 200 | 150 | 3 | 2.54 | 39.31953 | 143.1 |
| 4 | -200 | 150 | 4 | 2.54 | 39.31906 | 143.1 |
| | | | 5 | 2.54 | 79.31864 | 143.1 |
| | | | 6 | 2.54 | 69.3182 | 143.1 |

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed}: 16325.4 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Materiali
 B450C C28/35
 ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 15.87
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 11
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6667
 τ_{c1}: 1.971

M xRd: 39'474 kNm
 σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 3.5 ‰
 ε_s: 20.57 ‰
 d: 293.1 cm
 x: 42.62 x/d: 0.1454
 δ: 0.7

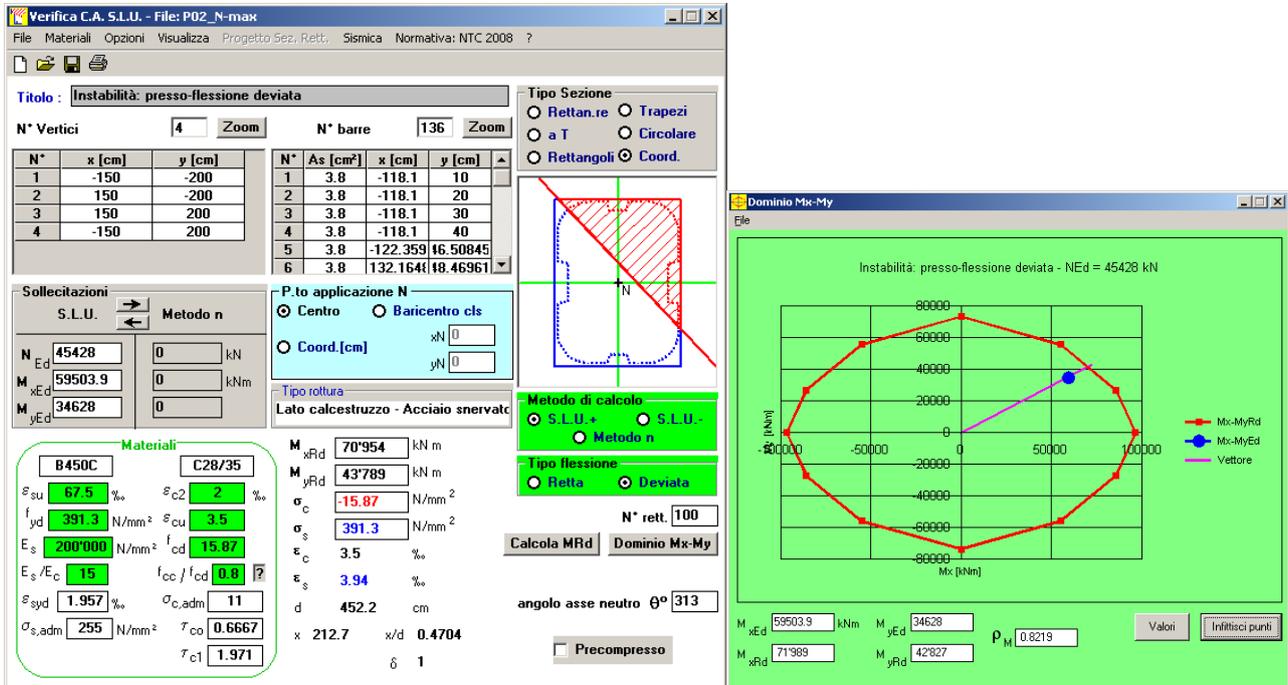
Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n
Tipo flessione
 Retta Deviata
 N° rett.: 100
 L₀: 0 cm Col. modello

Calcola MRD Dominio M-N

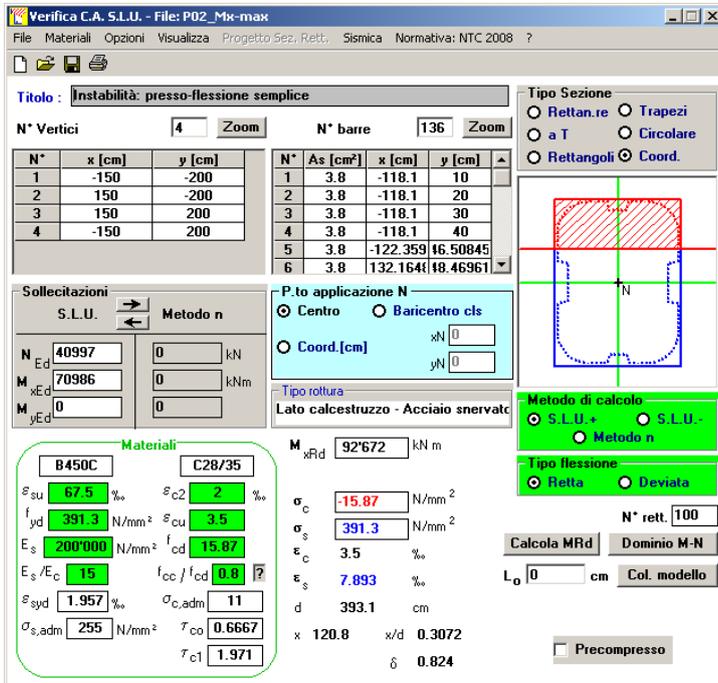
Precompresso

PILA 02

massimo sforzo assiale



massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P02_My-max(Mrds)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (Mrds)

N° Vertici: 4 N° barre: 136

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|----------|----|----------|----------|--------|
| 1 | -150 | -200 | 1 | 3.8 | -118.1 | 10 |
| 2 | 150 | -200 | 2 | 3.8 | -118.1 | 20 |
| 3 | 150 | 200 | 3 | 3.8 | -118.1 | 30 |
| 4 | -150 | 200 | 4 | 3.8 | -118.1 | 40 |
| 5 | 3.8 | -122.359 | 5 | 132.164 | 18.46961 | |
| 6 | 3.8 | 132.164 | 6 | 132.164 | 18.46961 | |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 27717.9 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. / Metodo n

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C, C28/35

M_{xRd}: 78'552 kNm

σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 11.51 ‰
 d: 393.1 cm
 x: 91.65 x/d: 0.2331
 δ: 0.7314

Verifica C.A. S.L.U. - File: P02_My-max(Mrds)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (Mrdy)

N° Vertici: 4 N° barre: 136

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|-----------|----|----------|----------|--------|
| 1 | -200 | -150 | 1 | 3.8 | 119.3204 | 143.1 |
| 2 | 200 | -150 | 2 | 3.8 | 109.32 | 143.1 |
| 3 | 200 | 150 | 3 | 3.8 | 39.31953 | 143.1 |
| 4 | -200 | 150 | 4 | 3.8 | 39.31906 | 143.1 |
| 5 | 3.8 | -79.31864 | 5 | 132.164 | 18.46961 | |
| 6 | 3.8 | 69.3182 | 6 | 132.164 | 18.46961 | |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 27717.9 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. / Metodo n

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C, C28/35

M_{xRd}: 59'441 kNm

σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 12.09 ‰
 d: 293.1 cm
 x: 65.79 x/d: 0.2244
 δ: 0.7206

PILA 03

massimo sforzo assiale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P03_N-max(Mrds)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (Mrds)

N° Vertici: 4 N° barre: 136

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|----------|----|----------|----------|--------|
| 1 | -150 | -200 | 1 | 4.52 | -118.1 | 10 |
| 2 | 150 | -200 | 2 | 4.52 | -118.1 | 20 |
| 3 | 150 | 200 | 3 | 4.52 | -118.1 | 30 |
| 4 | -150 | 200 | 4 | 4.52 | -118.1 | 40 |
| 5 | 4.52 | -122.359 | 5 | 132.164 | 18.46961 | |
| 6 | 4.52 | 132.164 | 6 | 132.164 | 18.46961 | |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 47482.6 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. / Metodo n

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C, C28/35

M_{xRd}: 103'546 kNm

σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 6.551 ‰
 d: 393.1 cm
 x: 136.9 x/d: 0.3482
 δ: 0.8753

Verifica C.A. S.L.U. - File: P03_N-max(Mrds)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (Mrdy)

N° Vertici: 4 N° barre: 136

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|-----------|----|----------|----------|--------|
| 1 | -200 | -150 | 1 | 4.52 | 119.3204 | 143.1 |
| 2 | 200 | -150 | 2 | 4.52 | 109.32 | 143.1 |
| 3 | 200 | 150 | 3 | 4.52 | 39.31953 | 143.1 |
| 4 | -200 | 150 | 4 | 4.52 | 39.31906 | 143.1 |
| 5 | 4.52 | -79.31864 | 5 | 132.164 | 18.46961 | |
| 6 | 4.52 | 69.3182 | 6 | 132.164 | 18.46961 | |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 47482.6 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. / Metodo n

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C, C28/35

M_{xRd}: 79'058 kNm

σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 6.681 ‰
 d: 293.1 cm
 x: 100.8 x/d: 0.3438
 δ: 0.8697

massimo momento trasversale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P03_Mx-max(Mrds)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (Mrds)

N° Vertici: 4 N° barre: 136

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|----------|----|----------|----------|--------|
| 1 | -150 | -200 | 1 | 4.52 | -118.1 | 10 |
| 2 | 150 | -200 | 2 | 4.52 | -118.1 | 20 |
| 3 | 150 | 200 | 3 | 4.52 | -118.1 | 30 |
| 4 | -150 | 200 | 4 | 4.52 | -118.1 | 40 |
| 5 | 4.52 | -122.359 | 5 | 122.359 | 16.50845 | |
| 6 | 4.52 | 132.164 | 6 | 132.164 | 18.46961 | |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 43197.8 kN
 M_{Ed}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Materiali: B450C, C28/35

M_{xRd}: 99'957 kNm

σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 7.274 ‰
 d: 393.1 cm
 x: 127.7 x/d: 0.3248
 δ: 0.8461

Verifica C.A. S.L.U. - File: P03_Mx-max(Mrds)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (Mrdy)

N° Vertici: 4 N° barre: 136

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|-----------|----|----------|----------|--------|
| 1 | -200 | -150 | 1 | 4.52 | 119.3204 | 143.1 |
| 2 | 200 | -150 | 2 | 4.52 | 109.32 | 143.1 |
| 3 | 200 | 150 | 3 | 4.52 | 39.31953 | 143.1 |
| 4 | -200 | 150 | 4 | 4.52 | 39.31906 | 143.1 |
| 5 | 4.52 | -79.31864 | 5 | 79.31864 | 143.1 | |
| 6 | 4.52 | 69.3182 | 6 | 69.3182 | 143.1 | |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 43197.8 kN
 M_{Ed}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Materiali: B450C, C28/35

M_{xRd}: 76'271 kNm

σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 7.46 ‰
 d: 293.1 cm
 x: 93.6 x/d: 0.3193
 δ: 0.8392

massimo momento longitudinale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P03_My-max(Mrds)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (Mrds)

N° Vertici: 4 N° barre: 136

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|----------|----|----------|----------|--------|
| 1 | -150 | -200 | 1 | 4.52 | -118.1 | 10 |
| 2 | 150 | -200 | 2 | 4.52 | -118.1 | 20 |
| 3 | 150 | 200 | 3 | 4.52 | -118.1 | 30 |
| 4 | -150 | 200 | 4 | 4.52 | -118.1 | 40 |
| 5 | 4.52 | -122.359 | 5 | 122.359 | 16.50845 | |
| 6 | 4.52 | 132.164 | 6 | 132.164 | 18.46961 | |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 28888.3 kN
 M_{Ed}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Materiali: B450C, C28/35

M_{yRd}: 85'665 kNm

σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 10.63 ‰
 d: 393.1 cm
 x: 97.36 x/d: 0.2477
 δ: 0.7496

Verifica C.A. S.L.U. - File: P03_My-max(Mrds)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (Mrdy)

N° Vertici: 4 N° barre: 136

| N° | x [cm] | y [cm] | N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|-----------|----|----------|----------|--------|
| 1 | -200 | -150 | 1 | 4.52 | 119.3204 | 143.1 |
| 2 | 200 | -150 | 2 | 4.52 | 109.32 | 143.1 |
| 3 | 200 | 150 | 3 | 4.52 | 39.31953 | 143.1 |
| 4 | -200 | 150 | 4 | 4.52 | 39.31906 | 143.1 |
| 5 | 4.52 | -79.31864 | 5 | 79.31864 | 143.1 | |
| 6 | 4.52 | 69.3182 | 6 | 69.3182 | 143.1 | |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 28888.3 kN
 M_{Ed}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Materiali: B450C, C28/35

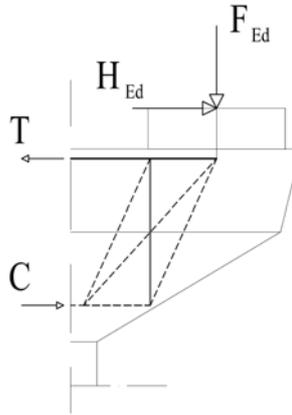
M_{yRd}: 64'996 kNm

σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_s: 11.24 ‰
 d: 293.1 cm
 x: 69.61 x/d: 0.2375
 δ: 0.7369

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 61 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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.

| RIEPILOGO Pulvino più sollecitati | | |
|-----------------------------------|--------------|--------------|
| combinazione | | |
| | Nmax | Vmax |
| Fz | 18965 | 12747 |
| V | 520 | 701 |
| | P03-S | P03-D |

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

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 | = | 1.00 | 1.00 | | coefficiente per la resistenza del nodo compresso |
| $\sigma_{1Rd,max}$ | = | 14.55 | 14.55 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi |

Mensola

| | | | | | |
|----------|---|-------|-------|----|--|
| | | P03-S | P03-D | | |
| F_{Ed} | = | 18965 | 12747 | kN | azione verticale di calcolo appoggio |
| H_{Ed} | = | 520 | 701 | kN | azione orizzontale di calcolo appoggio |

Geometria

| | | | | | |
|-------------|---|-------------|--------|----|--|
| a_c | = | 1075 | 1075 | mm | distanza asse appoggio estradosso pila |
| B | = | 3000 | 3000 | mm | larghezza pulvino |
| h_c | = | 3200 | 3200 | mm | altezza pulvino |
| c | = | 125 | 125 | mm | copriferro (armatura su 2 strati distanti 150 mm) |
| s | = | 600 | 600 | mm | altezza dente estradosso pulvino |
| b_1 | = | 1100 | 1100 | mm | larghezza baggiolo |
| b_2 | = | 1100 | 1100 | mm | lunghezza baggiolo |
| $b_{3,max}$ | = | 390 | 390 | mm | altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza) |
| d | = | 3075 | 3075 | mm | altezza utile |
| z | = | 2460 | 2460 | mm | braccio della coppia interna |
| x_1 | = | 434.5 | 292.1 | mm | larghezza biella compressa |
| y_1 | = | 615.0 | 615.0 | mm | altezza biella compressa |
| a | = | 1292.3 | 1221.0 | mm | distanza tra F_{Ed} e asse larghezza pila collaborante |
| a_H | = | 1115 | 1115 | mm | distanza tra H_{Ed} e armatura |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 62 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

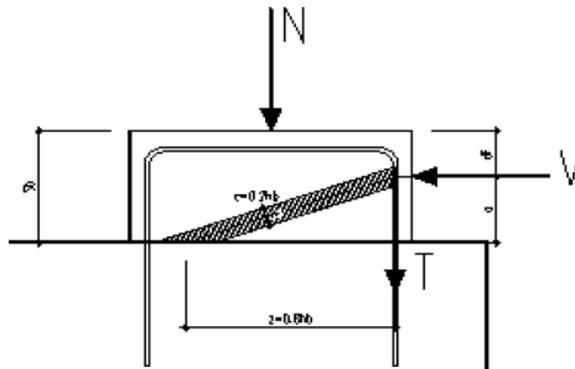
| | | | | | |
|-------------|---|---------|---------|-----------------|--------------------------------------|
| C | = | 10198 | 6645 | kN | risultante di compressione |
| T | = | 10718 | 7346 | kN | risultante di trazione |
| σ_c | = | 2.76 | 1.80 | MPa | tensione di compressione nel puntone |
| FS | = | 5.26 | 8.08 | | |
| n | = | 68 | 68 | | numero ferri superiore |
| \emptyset | = | 26 | 26 | mm | diametro armatura superiore |
| A_s | = | 36103.2 | 36103.2 | mm ² | area armatura superiore |
| σ_s | = | 296.87 | 203.47 | MPa | tensione di trazione nel tirante |
| FS | = | 1.32 | 1.92 | | |

Verifica tirante secondario (armatura verticale)

| | | | | | |
|---------------|---|---------|---------|-----------------|--|
| | = | orizz | orizz | | disposizione staffe |
| F_{wd} | = | 5891 | 4093 | kN | risultante forza di taglio |
| n_w | = | 8 | 8 | | numero staffe |
| s_w | = | 200 | 200 | mm | passo staffe |
| \emptyset_w | = | 20 | 20 | mm | diametro staffe |
| k_2 | = | 0.25 | 0.25 | | coefficiente per l'armatura a taglio minima (0.25 se orizzontale 0.5 se verticale) |
| $A_{s,ink}$ | = | 9025.8 | 9025.8 | mm ² | armatura minima a taglio |
| A_{sw} | = | 16239.0 | 15343.9 | mm ² | armatura di progetto |
| σ_s | = | 362.78 | 266.74 | MPa | tensione di trazione staffe |
| FS | = | 1.08 | 1.47 | | |

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 baggilo

b_0 = larghezza dell'appoggio

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 63 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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 | = | 1.00 | 1.00 | | coefficiente per la resistenza del nodo compresso |
| $\sigma_{1Rd,max}$ | = | 18.00 | 18.00 | MPa | resistenza a compressione per nodi compressi |

Mensola

| | | | | | |
|----------|---|-------|-------|----|--|
| | | P03-S | P03-D | | |
| F_{Ed} | = | 18965 | 12747 | kN | azione verticale di calcolo appoggio |
| H_{Ed} | = | 520 | 701 | kN | azione orizzontale di calcolo appoggio |

Geometria

| | | | | | |
|-------------|---|-------|-------|-----|---|
| b_1 | = | 1100 | 1100 | mm | larghezza baggiolo |
| b_2 | = | 1100 | 1100 | mm | lunghezza baggiolo |
| $b_{3,max}$ | = | 390 | 390 | mm | altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza) |
| b_0 | = | 950 | 950 | mm | larghezza appoggio |
| c | = | 30 | 30 | mm | copriferro |
| d | = | 1070 | 1070 | mm | altezza utile |
| z | = | 856 | 856 | mm | braccio della coppia interna |
| x_1 | = | 26.2 | 35.4 | mm | larghezza biella compressa |
| y_1 | = | 214.0 | 214.0 | mm | altezza biella compressa |
| a | = | 403.1 | 407.7 | mm | |
| α | = | 0.44 | 0.44 | rad | |

Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

| | | | | | |
|-------------|---|--------|--------|-----------------|--------------------------------------|
| C | = | 574 | 777 | kN | risultante di compressione |
| T | = | 245 | 334 | kN | risultante di trazione |
| σ_c | = | 1.22 | 1.65 | MPa | tensione di compressione nel puntone |
| FS | = | 14.76 | 10.91 | | |
| n | = | 6 | 6 | | numero ferri superiore |
| \emptyset | = | 14 | 14 | mm | diametro armatura superiore |
| A_s | = | 923.6 | 923.6 | mm ² | area armatura superiore |
| σ_s | = | 264.96 | 361.56 | MPa | tensione di trazione nel tirante |
| FS | = | 1.48 | 1.08 | | |

Verifiche a fenditura (armatura verticale)

| | | | | | |
|---------------|---|--------|--------|-----------------|----------------------------|
| T | = | 784 | 527 | kN | risultante forza di taglio |
| A_s | = | 2002.8 | 2002.8 | mm ² | armatura necessaria |
| n_{str} | = | 2 | 2 | | numero strati |
| n_{br} | = | 8 | 8 | | numero bracci x strato |
| \emptyset_w | = | 14 | 14 | mm | diametro staffe |
| A_{sw} | = | 2463.0 | 2463.0 | mm ² | armatura di progetto |
| FS | = | 1.23 | 1.23 | | |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 64 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

7 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE

7.1 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)

| | | | |
|------------------|---|--------------------------------|------------------------------------|
| L | = | 32 m | lunghezza palo |
| E | = | 31447 MPa | modulo elastico calcestruzzo |
| D | = | 1500 mm | diametro palo |
| J | = | 248504887637 mm ⁴ | momento d'inerzia del palo |
| K | = | 13000 kN/m ³ | costante di reazione del terreno |
| B | = | 2250 mm | larghezza efficace del palo |
| E _s | = | 29250 kN/m ² | modulo di elasticità del terreno |
| λ | = | 5.72 m | lunghezza elastica del palo |
| h | = | 0.00 m | altezza tratto libero |
| V _{max} | = | 230.0 kN | taglio alla testa del palo |
| N | = | 2926 kN | sforzo assiale alla testa del palo |
| M _{max} | = | 658 kNm | massimo momento flettente |

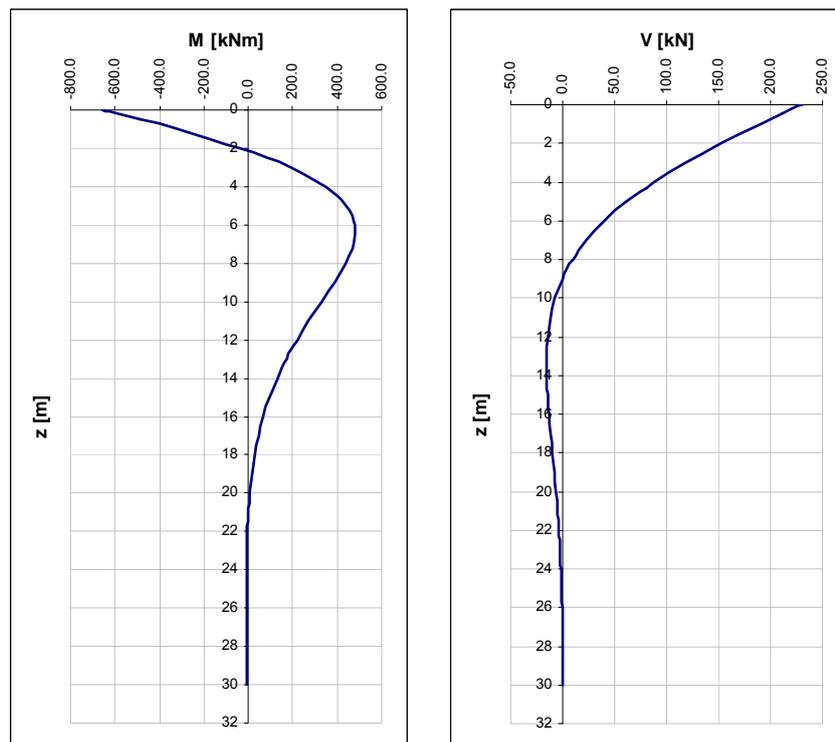


Figura 3: Sollecitazioni di Momento flettente e taglio

7.1.1 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 | |
|--------|------------------------|-------------------------|----------------------------|------------|-----------|----|-----------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|------|----|
| gabbia | -1.2 | 34 | 38 | 5 | 22 | 16 | 27.5 | 658 | 2926 | 2982 | 4.54 | OK |

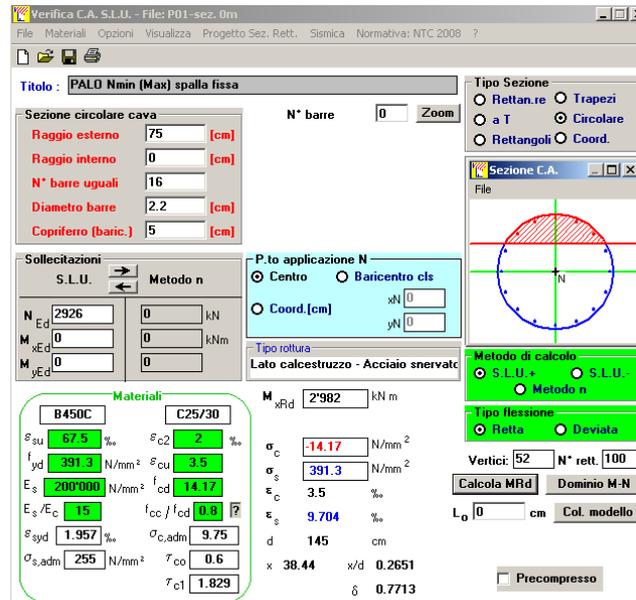


Figura 4: Verifica a presso-flessione

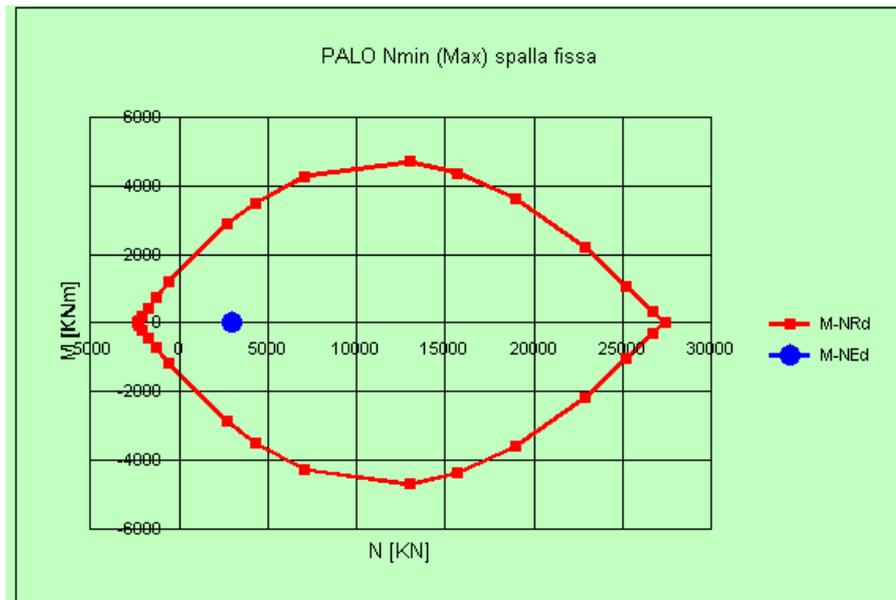


Figura 5: Dominio di resistenza

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 66 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

7.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø12/150 per l'intera lunghezza del palo.
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 DX. Nel seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato:

Sollecitazioni

V_{Sd} = 230 kN taglio di calcolo

N_{Sd} = 3261 kN sforzo normale i calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R_{ck} = 30 MPa resistenza caratteristica cubica

f_{ck} = 24.9 MPa resistenza caratteristica cilindrica

α_{cc} = 0.85 coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata

γ_c = 1.5 coefficiente parziale di sicurezza

f_{cd} = 14.11 MPa resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

f_{yk} = 450.00 MPa tensione caratteristica di snervamento

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 67 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | |
|--|---|----------------|-----------------|---|
| γ_s | = | 1.15 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| f_{yd} | = | 391.30 | MPa | tensione di snervamento di calcolo |
| Geometria | | | | |
| D | = | 1500 | mm | diametro palo |
| c | = | 50 | mm | copriferro |
| d | = | 1450 | mm | altezza utile |
| b_{we} | = | 1350 | mm | base equivalente |
| d_e | = | 1123 | mm | altezza utile equivalente |
| Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio | | | | |
| n_l | = | 16 | | numero ferri longitudinali |
| \varnothing_l | = | 22 | mm | diametro ferri longitudinali |
| A_{sl} | = | 6082 | mm ² | armatura longitudinale |
| A_c | = | 1767145.87 | mm ² | area sezione cls |
| k | = | 1.42 | | |
| σ_{cp} | = | 1.6558 | MPa | tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$ |
| ρ_1 | = | 0.00401 | ok | rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$ |
| V_{min} | = | 0.296 | | |
| V_{rd} | = | 933.69 | kN | taglio resistente |
| V_{Sd} | = | 230 | kN | taglio di calcolo |
| FS | = | 4.06 | ok | se >1 verifica soddisfatta |
| Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio | | | | |
| \varnothing_w | = | 12 | mm | diametro armatura resistente a taglio |
| α | = | 90.00 | ° | angolo di inclinazione armatura trasversale |
| s | = | 150.00 | mm | passo staffe |
| n_{br} | = | 2.0 | | numero bracci armatura trasversale |
| A_{sw} | = | 226.19 | mmq | area armatura trasversale posta nell'interasse s |
| b_{we} | = | 1350.00 | mm | larghezza minima sezione |
| f_{cd} | = | 14.11 | MPa | |
| ν | = | 0.5 | | coeff. di riduzione f_{cd} |
| f'_{cd} | = | 7.06 | MPa | resistenza a compressione del cls ridotta |
| ω_{sw} | = | 0.03098 | | % meccanica di armatura trasversale |
| αC | = | 1.11735 | | |
| $\cot(\Theta)$ | = | 2.500 | | valore di calcolo |
| V_{Rsd} | = | 1490.97 | kN | Resistenza "taglio trazione" |
| V_{Rcd} | = | 3708.89 | kN | Resistenza "taglio compressione" |
| V_{Rd} | = | 1490.97 | kN | Resistenza a taglio |
| V_{Sd} | = | 230 | kN | taglio di calcolo |
| FS | = | 6.48 | ok | se >1 verifica soddisfatta |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 68 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

7.1.3 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 ordinarie;
- 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 nelle barre nella combinazione più gravosa.

Tabella 1: Sollecitazioni

| | SLE_Frequente | | | SLE_Quasi Permanente | | | |
|-------------|---------------|----|-----|----------------------|------|----|-----|
| | N | V | M | N | V | M | |
| Comb | kN | kN | kNm | Comb | kN | kN | kNm |
| Nmax | 5698 | 57 | 163 | Nmax | 4797 | 44 | 126 |
| Nmin | 2938 | 65 | 186 | Nmin | 3189 | 45 | 129 |
| Vmax | 2938 | 65 | 186 | Vmax | 3189 | 45 | 129 |

Tabella 2: Tensioni di riferimento

| | | comb. | comb. |
|---|--|------------|-------------|
| | | FREQUENTE | QUASI PERM. |
| Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione | | | |
| σ_s | | w3=0.40 mm | w2=0.30 mm |
| [MPa] | | Ø | Ø |
| 160 | | 40 | 32 |
| 200 | | 32 | 25 |
| 240 | | 20 | 16 |
| 280 | | 16 | 12 |
| 320 | | 12 | 10 |
| 360 | | 10 | 8 |
| Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione | | | |
| σ_s | | w3=0.40 mm | w2=0.30 mm |
| [MPa] | | spaziatura | spaziatura |
| 160 | | 300 | 300 |
| 200 | | 300 | 250 |
| 240 | | 250 | 200 |
| 280 | | 200 | 150 |
| 320 | | 150 | 100 |
| 360 | | 100 | 50 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 69 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | |
|-------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| Frequente | comb_Nmin | comb_Mmax | | |
| $\sigma_{s,max}$ | = | 200 | 200 | [MPa] tensione massima acciaio da normativa |
| $\sigma_{Sd,max}$ | = | - | - | [MPa] tensione massima acciaio di calcolo |
| FS | = | tutta compressa verifica_ok | tutta compressa verifica_ok | se >1 verifica soddisfatta |

| | | | | |
|-------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| Quasi Permanente | comb_Nmin | comb_Mmax | | |
| $\sigma_{s,max}$ | = | 160 | 160 | [MPa] tensione massima acciaio da normativa |
| $\sigma_{Sd,max}$ | = | - | - | [MPa] tensione massima acciaio di calcolo |
| FS | = | tutta compressa verifica_ok | tutta compressa verifica_ok | se >1 verifica soddisfatta |

Nel seguito si riporta l'output del programma per la combinazione Quasi Permanente Nmin. Come si evince la sezione del palo non presenta sollecitazioni di trazione.

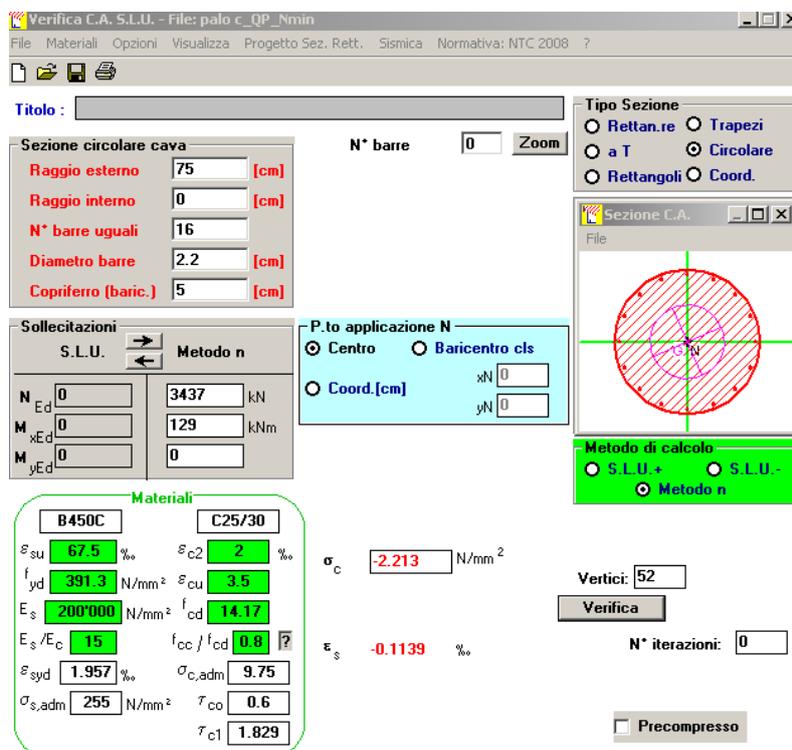


Figura 6: Stato tensione

7.1.4 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 la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 70 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

Tabella 3: Sollecitazioni

| SLE_Caratteristica | | | | SLE_Quasi Permanente | | | |
|--------------------|------|-----|-----|----------------------|------|----|-----|
| | N | V | M | | N | V | M |
| Comb | kN | kN | kNm | Comb | kN | kN | kNm |
| Nmax | 6068 | 81 | 232 | Nmax | 4797 | 44 | 126 |
| Nmin | 2611 | 106 | 303 | Nmin | 3189 | 45 | 129 |
| Vmax | 2611 | 106 | 303 | Vmax | 3189 | 45 | 129 |

Materiali

Rck = 30 MPa resistenza caratteristica cubica
f_{ck} = 24.90 MPa resistenza caratteristica cilindrica
f_{yk} = 450.00 MPa resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

Comb_Nmax Comb_Mmax
Rara Rara

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c = 14.9 14.9 [MPa] massima tensione del cls da normativa
 $\sigma_{c,Sd}$ = **3.9** **2.3** [MPa] tensione di calcolo del cls in esercizio
3.81 6.64 se >1 verifica soddisfatta
verifica_ok verifica_ok

Comb_Nmax Comb_Mmax
Quasi perm. Quasi perm.

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c = 11.2 11.2 [MPa] massima tensione del cls da normativa
 $\sigma_{c,Sd}$ = **2.9** **2.1** [MPa] tensione di calcolo del cls in esercizio
3.81 5.39 se >1 verifica soddisfatta
verifica_ok verifica_ok

Comb_Nmin Comb_Mmax
Rara Rara

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

σ_s = 360.0 360.0 [MPa] massima tensione dell'acciaio normativa
 $\sigma_{s,Sd}$ = - - [MPa] tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
tutta compressa tutta compressa se >1 verifica soddisfatta
verifica_ok 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 71 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

7.2 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.

| | TRBa_1 | TRBa_2a | TRBa_2b |
|---|-------------|-------------|-------------|
| peso secco γ_d (kN/m ³) | 19.1 | 20.4 | 19.6 |
| peso saturo γ_{sat} (kN/m ³) | 19.1 | 20.4 | 19.6 |
| coesione non dren. c_u (kPa) | 70 | 198 | 158 |
| coesione dren. c' (kPa) | 12 | 36 | 26 |
| angolo attrito ϕ' (°) | 15 | 20 | 22 |

7.2.1 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:

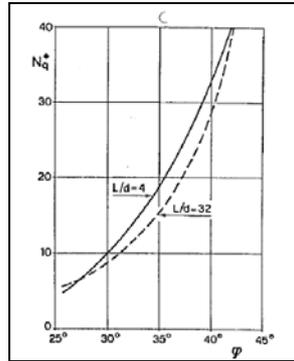
| c_u | α |
|---------|----------|
| (kPa) | (-) |
| <25 | 0.9 |
| 25 ÷ 50 | 0.8 |
| 50 ÷ 75 | 0.6 |
| ≥ 75 | 0.4 |

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:

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

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 72 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |



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

| | TRBa_1 | TRBa_2a | TRBa_2b |
|------------------------------|--------|---------|---------|
| coeff. N_q (cond. drenate) | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| coeff. N_c (cond. drenate) | 11.2 | 8.4 | 7.5 |

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- DX | | | | |
|--|-------------------|-------------------------------|----------------|--------------|
| strati | Unità geotecniche | spessore strato da testa palo | quota iniziale | quota finale |
| | | (m) | m | m |
| 1° strato | TRBa_1 | 3 | 0 | 3 |
| 2° strato | TRBa_2a | 9 | 3 | 12 |
| 3° strato | TRBa_2b | 33 | 12 | 45 |

| STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 2 - CARR- DX | | | | |
|--|-------------------|-------------------------------|----------------|--------------|
| strati | Unità geotecniche | spessore strato da testa palo | quota iniziale | quota finale |
| | | (m) | m | m |
| 1° strato | TRBa_1 | 2 | 0 | 2 |
| 2° strato | TRBa_2a | 9 | 2 | 11 |
| 3° strato | TRBa_2b | 34 | 11 | 45 |

| STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 3 - CARR- DX | | | | |
|--|-------------------|-------------------------------|----------------|--------------|
| strati | Unità geotecniche | spessore strato da testa palo | quota iniziale | quota finale |
| | | (m) | m | m |
| 1° strato | TRBa_1 | 2 | 0 | 2 |
| 2° strato | TRBa_2a | 8 | 2 | 10 |
| 3° strato | TRBa_2b | 35 | 10 | 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:

$$R_d \geq E_d$$

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:

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

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 73 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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_Q | 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 | $\tan \phi'_k$ | γ_ϕ | 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_f | 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 3.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\zeta_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\zeta_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

| Numero di verticali indagate | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | ≥ 10 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| ζ_3 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40 |
| ζ_4 | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 74 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

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 | |
|--|---------|----------|---------------------------------|-----------|----------------|----------------|---------------|----------|
| pila/spalla | statica | dinamica | diam. Palo | N° pali | lunghezza palo | | Qlim_d | Qlim_u |
| | kN | kN | m | | m | kN | kN | kN |
| Pila1 | 8116 | 5329 | 1.5 | 6 | 32 | 398.64 | 9958.162 | 7110.781 |
| Pila2 | 6441 | 4107 | 1.5 | 12 | 33 | 410.33 | 10936.13 | 7358.107 |
| Pila3 | 8828 | 5534 | 1.5 | 9 | 38 | 476.65 | 14226.31 | 8220.679 |

Tabella 7.4: Carreggiata Sinistra – Riepilogo dei risultati

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

7.2.2.1 Criteri di calcolo del carico limite orizzontale

Il calcolo del carico limite orizzontale dei pali viene effettuato secondo il metodo proposto da Broms.

In condizione drenate si assume che la resistenza del terreno vari linearmente con la profondità z secondo la legge:

$$p = 3K_p \cdot \gamma \cdot z \cdot d$$

In condizioni non drenate si assume un diagramma semplificato con reazione nulla fino a $z=1.5d$, e a partire da tale profondità, la reazione si assume costante con la profondità e pari:

$$p = 9 \cdot c_u \cdot d$$

7.2.2.2 Criteri di verifica

I criteri di verifica sono gli stessi utilizzati per il calcolo del carico limite verticale con i coefficienti γ_T da applicare alle resistenze caratteristiche riportati in tabella:

Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.

| COEFFICIENTE PARZIALE (R1) | COEFFICIENTE PARZIALE (R2) | COEFFICIENTE PARZIALE (R3) |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| $\gamma_T = 1,0$ | $\gamma_T = 1,6$ | $\gamma_T = 1,3$ |

7.2.2.3 Risultati carreggiata sinistra

Si riporta la verifica a carico limite orizzontale del palo analizzando i possibili meccanismi di rottura (palo corto, intermedio e lungo).

Palo più sollecitato carreggiata di sinistra

Dati di Calcolo

Condizioni non drenate

D = 1.500 m diametro palo

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 75 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | |
|------------------------|---|--------------|-----|---------------------------------------|
| L | = | 28.00 | m | lunghezza palo |
| M _y | = | 2100 | kNm | momento di plasticizzazione del palo |
| c _u | = | 160 | kPa | coesione non drenata |
| <u>palo corto</u> | | | | |
| Q _{lim,1} | = | 55620 | kN | carico limite per palo corto |
| M _{max} | = | 841253 | kNm | momento massimo |
| <u>palo intermedio</u> | | | | |
| Q _{lim,2} | = | 20573 | kN | carico limite per palo intermedio |
| f | = | 9.5 | m | |
| M _{max} | = | 142163.4 | kNm | momento massimo |
| <u>palo lungo</u> | | | | |
| Q _{lim,3} | = | 1602 | kN | carico limite per palo lungo |
| MR | = | PALO LUNGO | | meccanismo di rottura |
| Q _{lim,m} | = | 1602.5 | kN | carico limite (valore medio) |
| ξ | = | 1.5 | | fattore di correlazione |
| Q _{lim,k} | = | 1068.3 | kN | carico limite (valore caratteristico) |
| γ _T | = | 1.30 | | coefficiente parziale |
| Q _{lim,d} | = | 821.8 | kN | carico limite (valore di progetto) |
| F _h | | 230 | kN | azione trasversale testa palo |
| FS | | 3.57 | ok | se >1 verifica soddisfatta |

8 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:

| | | | |
|-----------------|--------------|-------|---|
| V | 12130 | kN | massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma |
| F _{zd} | 21220 | kN | massimo carico verticale allo S.L.U. in esercizio |
| K _e | 5.30 | kN/mm | rigidezza orizzontale equivalente |
| K _v | 3546 | kN/mm | rigidezza verticale |
| d | 0.300 | m | massimo spostamento dell'isolatore |
| D _q | 0.900 | m | diametro dell'elastomero |
| W | 1049 | kg | peso dell'isolatore |

A partire dal modello di calcolo globale sono state determinate le massime azioni verticali in fase di sisma (S.L.C.) e statica (S.L.U.) sui singoli isolatori per verificarne la loro portanza.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 76 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Azioni trasmesse dall'impalcato | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Joint | OutputCase | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz | pila |
| Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m | |
| P1-D | G1+G2 | 60 | 29 | 4748 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-D | E2 | 7 | 3 | 83 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-D | E3 | 6 | 28 | 69 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-D | Q1 | 16 | 4 | 2705 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-D | Q5 | 302 | 35 | -44 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-D | Q7 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-S | G1+G2 | 30 | 59 | 4825 | 0 | 0 | 0 | P01 |
| P1-S | E2 | 8 | 4 | 24 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-S | E3 | 29 | 7 | 11 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-S | Q1 | 4 | 26 | 3463 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-S | Q5 | 18 | 301 | 64 | 0 | 0 | 0 | |
| P1-S | Q7 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-D | G1+G2 | 34 | 13 | 8870 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-D | E2 | 0 | 0 | 105 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-D | E3 | 2 | 2 | 128 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-D | Q1 | 1 | 35 | 3820 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-D | Q5 | 27 | 332 | -79 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-D | Q7 | 89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-S | G1+G2 | 36 | 15 | 8585 | 0 | 0 | 0 | P02 |
| P2-S | E2 | 0 | 0 | -68 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-S | E3 | 4 | 3 | 88 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-S | Q1 | 17 | 61 | 4582 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-S | Q5 | 7 | 333 | 76 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-S | Q7 | 86 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-D | G1+G2 | 34 | 13 | 8870 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-D | E2 | 0 | 0 | 105 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-D | E3 | 2 | 2 | 128 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-D | Q1 | 1 | 35 | 3820 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-D | Q5 | 27 | 332 | -79 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-D | Q7 | 89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-S | G1+G2 | 36 | 15 | 8585 | 0 | 0 | 0 | P03 |
| P3-S | E2 | 0 | 0 | -68 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-S | E3 | 4 | 3 | 88 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-S | Q1 | 17 | 61 | 4582 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-S | Q5 | 7 | 333 | 76 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-S | Q7 | 86 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| Azione sismica (S.L.C. - max Fz) | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Joint | OutputCase | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz | pila |
| Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m | |
| P1-D | Q6 | 75 | 117 | 130 | 0 | 0 | 0 | P01 |
| P1-S | Q6 | 117 | 75 | 158 | 0 | 0 | 0 | |
| P2-D | Q6 | 74 | 59 | 234 | 0 | 0 | 0 | P02 |
| P2-S | Q6 | 74 | 59 | 236 | 0 | 0 | 0 | |
| P3-D | Q6 | 78 | 57 | 245 | 0 | 0 | 0 | P03 |
| P3-S | Q6 | 77 | 57 | 243 | 0 | 0 | 0 | |

| Azioni totali sugli appoggi (Combinazione sismica - max Fz) | | | | | | | | | |
|---|------------|-----|-----|-------------|------|------|------|------|--|
| Joint | OutputCase | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz | pila | |
| Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m | | |
| P1-D | S.L.C. | 174 | 164 | 4996 | 0 | 0 | 0 | P01 | |
| P1-S | S.L.C. | 199 | 141 | 5012 | 0 | 0 | 0 | | |
| P2-D | S.L.C. | 162 | 73 | 9274 | 0 | 0 | 0 | P02 | |
| P2-S | S.L.C. | 163 | 76 | 8797 | 0 | 0 | 0 | | |
| P3-D | S.L.C. | 166 | 71 | 9285 | 0 | 0 | 0 | P03 | |
| P3-S | S.L.C. | 167 | 74 | 8804 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | | | 9285 | | | | | |

| Azioni totali sugli appoggi (Combinazione fondamentale) | | | | | | | | | |
|---|------------|-----|-----|--------------|------|------|------|------|--|
| Joint | OutputCase | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz | pila | |
| Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m | | |
| P1-D | S.L.U. | 430 | 100 | 10172 | 0 | 0 | 0 | P01 | |
| P1-S | S.L.U. | 135 | 395 | 11283 | 0 | 0 | 0 | | |
| P2-D | S.L.U. | 154 | 365 | 17279 | 0 | 0 | 0 | P02 | |
| P2-S | S.L.U. | 157 | 405 | 17826 | 0 | 0 | 0 | | |
| P3-D | S.L.U. | 154 | 365 | 17279 | 0 | 0 | 0 | P01 | |
| P3-S | S.L.U. | 157 | 405 | 17826 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | | | 17826 | | | | | |

Come si può vedere dalle tabelle precedenti i massimi carichi verticali agenti nelle due combinazioni risultano compatibili con il massimo carico che può sopportare il dispositivo in fase di sisma ed allo S.L.U.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 77 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

Gli spostamenti orizzontali subiti dall'isolatore, dovuti a quei singoli casi di carico che determinano 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 le due combinazioni da verificare.

| S.L.C. | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|--|
| | P1-D | P1-S | P2-D | P2-S | P3-D | P3-S | | |
| d _{Q6,x} | 0.014 | 0.074 | 0.046 | 0.046 | 0.048 | 0.049 | m | spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale |
| d _{Q6,y} | 0.023 | 0.047 | 0.037 | 0.037 | 0.035 | 0.035 | m | spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale |
| d _{E2,x} | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | m | dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro |
| d _{E3,x} | 0.003 | 0.021 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.014 | m | dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico |
| d _{E,tot} | 0.028 | 0.098 | 0.060 | 0.060 | 0.067 | 0.067 | m | spostamento longitudinale totale dell'impalcato |

| S.L.U. | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|
| | P1-D | P1-S | P2-D | P2-S | P3-D | P3-S | | |
| d _{E2,x} | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | m | dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro |
| d _{E3,x} | 0.003 | 0.021 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.014 | m | dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico |
| d _{Q1,y} | 0.001 | 0.009 | 0.015 | 0.015 | 0.007 | 0.002 | m | spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili |
| d _{Q5,y} | 0.007 | 0.057 | 0.063 | 0.063 | 0.060 | 0.060 | m | spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al vento |
| d _{E,tot} | 0.008 | 0.065 | 0.076 | 0.077 | 0.065 | 0.058 | m | spostamento longitudinale totale dell'impalcato |

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 98 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 78 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

9 ANALISI DEI PLINTI DI FONDAZIONE

Le caratteristiche geometriche dei plinti di fondazione della carreggiata destra sono riportate di seguito:

| Pila | | Tipo A | P02 |
|------|---|---------|---------------------------|
| n | = | 12 | numero pali |
| H | = | 2.50 m | altezza |
| L1 | = | 11.00 m | dimensione plinto lungo x |
| L2 | = | 15.50 m | dimensione plinto lungo y |
| Pila | | Tipo B | P03 |
| n | = | 9 | numero pali |
| H | = | 2.50 m | altezza |
| L1 | = | 11.00 m | dimensione plinto lungo x |
| L2 | = | 11.00 m | dimensione plinto lungo y |
| Pila | | Tipo D | P01 |
| n | = | 6 | numero pali |
| H | = | 2.50 m | altezza |
| L1 | = | 6.50 m | dimensione plinto lungo x |
| L2 | = | 11.00 m | dimensione plinto lungo y |

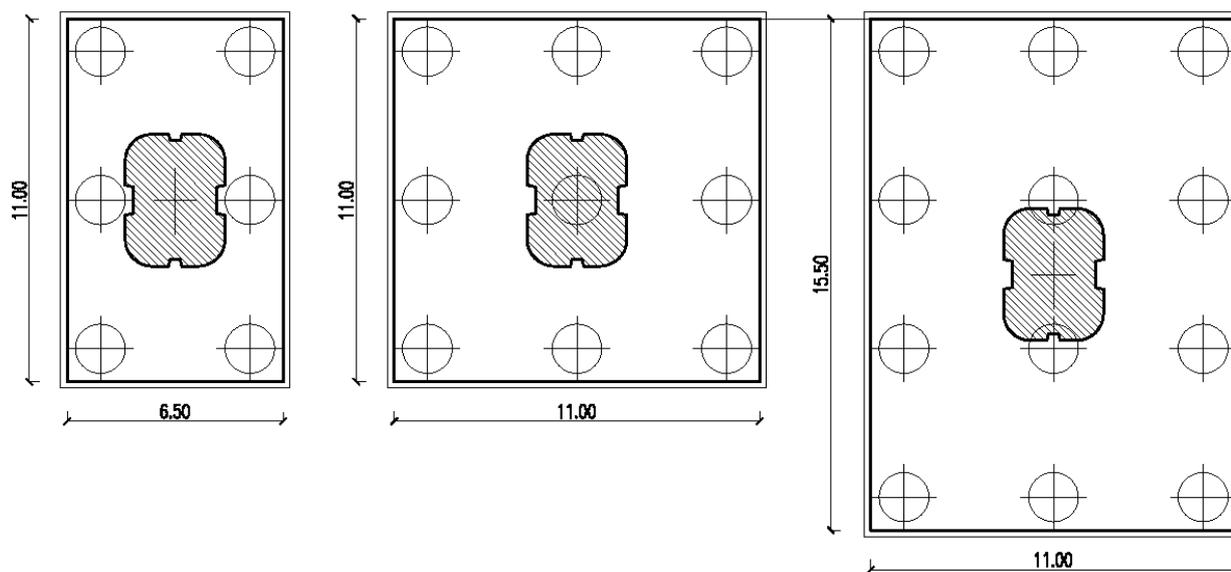


Figura 7: plinto di Fondazione

Nella presente relazione si riportano le verifiche dei plinti P01 e P03, appartenenti rispettivamente alla tipologia D e B e soggetti alle azioni più sfavorevoli.

I risultati ottenuti si estendono a tutti i plinti della stessa tipologia.

Per le verifiche dei plinti di tipologia A (P02) si estendono i risultati delle verifiche eseguite sui plinti della stessa tipologia della carreggiata sinistra (P03) in quanto soggetti alle azioni più sfavorevoli.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 79 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

9.1 PLINTO P01 – TIPO D SU 6 PALI

Geometria del plinto in esame:

| Pila | Tipo D | P01 |
|------|---------|---------------------------|
| n | = 5 | numero pali |
| H | = 2.5 m | altezza |
| L1 | = 7.5 m | dimensione plinto lungo x |
| L2 | = 12 m | dimensione plinto lungo y |

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. 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*).

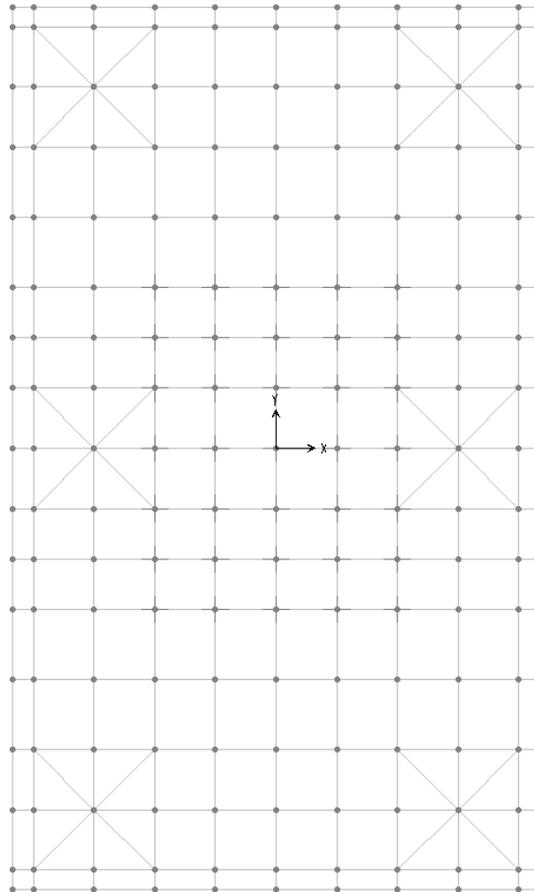


Figura 8: Modello agli elementi finiti del plinto P01 carreggiata SX

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 80 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

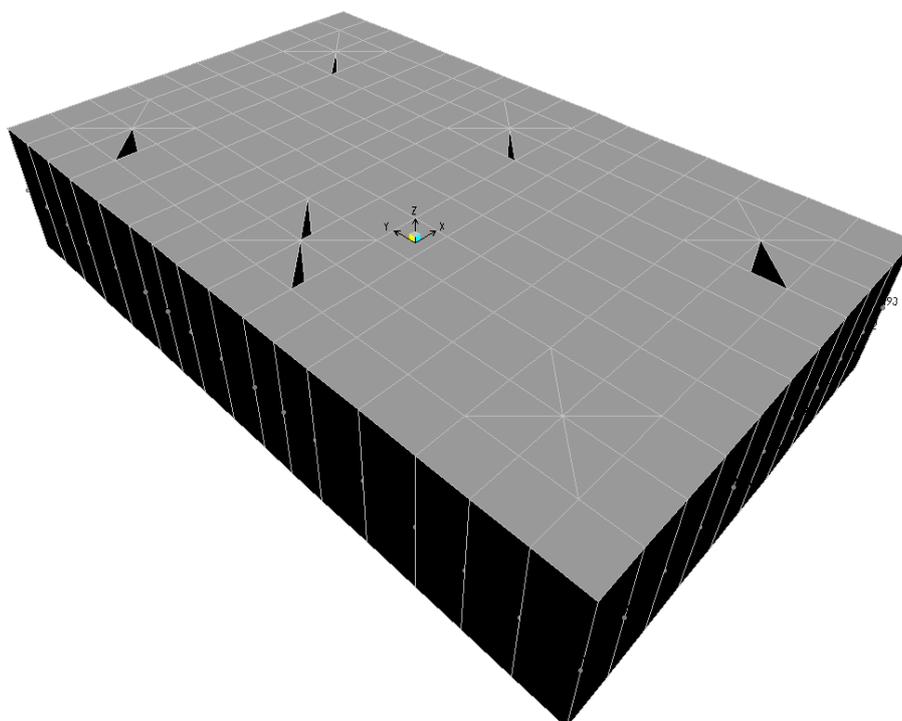


Figura 9: Vista 3d del modello agli elementi finiti

9.1.1 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 P01 della carreggiata destra, alle quali si fa riferimento per il dimensionamento di tutti i plinti di questa tipologia, in quanto sono le più gravose.

Azioni Sui Pali della Pila P01 carreggiata destra

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P01 | SLU-1 | 4856 |
| P01 | SLU-2 | 5008 |
| P01 | SLU-3 | 6202 |
| P01 | SLU-4 | 6354 |
| P01 | SLU-5 | 4436 |
| P01 | SLU-6 | 4588 |
| P01 | SLU-7 | 5783 |
| P01 | SLU-8 | 5935 |
| P01 | SLU-9 | 5071 |
| P01 | SLU-10 | 5223 |
| P01 | SLU-11 | 6417 |
| P01 | SLU-12 | 6569 |
| P01 | SLU-13 | 4756 |
| P01 | SLU-14 | 4908 |
| P01 | SLU-15 | 6103 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 81 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P01 | SLU-16 | 6255 |
| P01 | SLU-17 | 4730 |
| P01 | SLU-18 | 4882 |
| P01 | SLU-19 | 6077 |
| P01 | SLU-20 | 6229 |
| P01 | SLU-21 | 4416 |
| P01 | SLU-22 | 4568 |
| P01 | SLU-23 | 5762 |
| P01 | SLU-24 | 5914 |
| P01 | SLU-25 | 4281 |
| P01 | SLU-26 | 4434 |
| P01 | SLU-27 | 6526 |
| P01 | SLU-28 | 6678 |
| P01 | SLU-29 | 3967 |
| P01 | SLU-30 | 4119 |
| P01 | SLU-31 | 6211 |
| P01 | SLU-32 | 6363 |
| P01 | SLU-33 | 4761 |
| P01 | SLU-34 | 5014 |
| P01 | SLU-35 | 6107 |
| P01 | SLU-36 | 6361 |
| P01 | SLU-37 | 4446 |
| P01 | SLU-38 | 4700 |
| P01 | SLU-39 | 5793 |
| P01 | SLU-40 | 6046 |
| P01 | SLV-1 | 4391 |
| P01 | SLV-2 | 4496 |
| P01 | SLV-3 | 3383 |
| P01 | SLV-4 | 3489 |
| P01 | SLV-5 | 3731 |
| P01 | SLV-6 | 3837 |
| P01 | SLR-1 | 3553 |
| P01 | SLR-2 | 3680 |
| P01 | SLR-3 | 4450 |
| P01 | SLR-4 | 4577 |
| P01 | SLR-5 | 3229 |
| P01 | SLR-6 | 3355 |
| P01 | SLR-7 | 4126 |
| P01 | SLR-8 | 4253 |
| P01 | SLF-1 | 3852 |
| P01 | SLF-2 | 3979 |
| P01 | SLF-3 | 4151 |
| P01 | SLF-4 | 4278 |
| P01 | SLF-5 | 3528 |
| P01 | SLF-6 | 3655 |
| P01 | SLF-7 | 3827 |
| P01 | SLF-8 | 3954 |
| P01 | SLQP-1 | 3717 |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P01 | SLQP-2 | 3822 |
| P02 | SLU-1 | 6310 |
| P02 | SLU-2 | 6470 |
| P02 | SLU-3 | 6169 |
| P02 | SLU-4 | 6329 |
| P02 | SLU-5 | 5821 |
| P02 | SLU-6 | 5982 |
| P02 | SLU-7 | 5680 |
| P02 | SLU-8 | 5841 |
| P02 | SLU-9 | 6424 |
| P02 | SLU-10 | 6584 |
| P02 | SLU-11 | 6283 |
| P02 | SLU-12 | 6443 |
| P02 | SLU-13 | 6057 |
| P02 | SLU-14 | 6218 |
| P02 | SLU-15 | 5916 |
| P02 | SLU-16 | 6077 |
| P02 | SLU-17 | 6067 |
| P02 | SLU-18 | 6228 |
| P02 | SLU-19 | 5926 |
| P02 | SLU-20 | 6087 |
| P02 | SLU-21 | 5701 |
| P02 | SLU-22 | 5861 |
| P02 | SLU-23 | 5560 |
| P02 | SLU-24 | 5720 |
| P02 | SLU-25 | 6114 |
| P02 | SLU-26 | 6275 |
| P02 | SLU-27 | 5879 |
| P02 | SLU-28 | 6040 |
| P02 | SLU-29 | 5748 |
| P02 | SLU-30 | 5908 |
| P02 | SLU-31 | 5513 |
| P02 | SLU-32 | 5673 |
| P02 | SLU-33 | 6108 |
| P02 | SLU-34 | 6375 |
| P02 | SLU-35 | 5967 |
| P02 | SLU-36 | 6234 |
| P02 | SLU-37 | 5742 |
| P02 | SLU-38 | 6009 |
| P02 | SLU-39 | 5601 |
| P02 | SLU-40 | 5868 |
| P02 | SLV-1 | 4802 |
| P02 | SLV-2 | 4913 |
| P02 | SLV-3 | 4209 |
| P02 | SLV-4 | 4320 |
| P02 | SLV-5 | 4138 |
| P02 | SLV-6 | 4249 |
| P02 | SLR-1 | 4491 |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P02 | SLR-2 | 4625 |
| P02 | SLR-3 | 4397 |
| P02 | SLR-4 | 4531 |
| P02 | SLR-5 | 3685 |
| P02 | SLR-6 | 3819 |
| P02 | SLR-7 | 3591 |
| P02 | SLR-8 | 3725 |
| P02 | SLF-1 | 4460 |
| P02 | SLF-2 | 4593 |
| P02 | SLF-3 | 4428 |
| P02 | SLF-4 | 4562 |
| P02 | SLF-5 | 3654 |
| P02 | SLF-6 | 3788 |
| P02 | SLF-7 | 3623 |
| P02 | SLF-8 | 3756 |
| P02 | SLQP-1 | 3897 |
| P02 | SLQP-2 | 4008 |
| P03 | SLU-1 | 7764 |
| P03 | SLU-2 | 7932 |
| P03 | SLU-3 | 6135 |
| P03 | SLU-4 | 6304 |
| P03 | SLU-5 | 7207 |
| P03 | SLU-6 | 7375 |
| P03 | SLU-7 | 5578 |
| P03 | SLU-8 | 5746 |
| P03 | SLU-9 | 7777 |
| P03 | SLU-10 | 7945 |
| P03 | SLU-11 | 6148 |
| P03 | SLU-12 | 6316 |
| P03 | SLU-13 | 7359 |
| P03 | SLU-14 | 7527 |
| P03 | SLU-15 | 5730 |
| P03 | SLU-16 | 5898 |
| P03 | SLU-17 | 7405 |
| P03 | SLU-18 | 7573 |
| P03 | SLU-19 | 5776 |
| P03 | SLU-20 | 5944 |
| P03 | SLU-21 | 6987 |
| P03 | SLU-22 | 7155 |
| P03 | SLU-23 | 5358 |
| P03 | SLU-24 | 5526 |
| P03 | SLU-25 | 7947 |
| P03 | SLU-26 | 8116 |
| P03 | SLU-27 | 5233 |
| P03 | SLU-28 | 5401 |
| P03 | SLU-29 | 7529 |
| P03 | SLU-30 | 7698 |
| P03 | SLU-31 | 4815 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 84 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P03 | SLU-32 | 4983 |
| P03 | SLU-33 | 7456 |
| P03 | SLU-34 | 7736 |
| P03 | SLU-35 | 5827 |
| P03 | SLU-36 | 6108 |
| P03 | SLU-37 | 7038 |
| P03 | SLU-38 | 7318 |
| P03 | SLU-39 | 5409 |
| P03 | SLU-40 | 5690 |
| P03 | SLV-1 | 5213 |
| P03 | SLV-2 | 5329 |
| P03 | SLV-3 | 5035 |
| P03 | SLV-4 | 5151 |
| P03 | SLV-5 | 4544 |
| P03 | SLV-6 | 4661 |
| P03 | SLR-1 | 5429 |
| P03 | SLR-2 | 5570 |
| P03 | SLR-3 | 4344 |
| P03 | SLR-4 | 4484 |
| P03 | SLR-5 | 4142 |
| P03 | SLR-6 | 4282 |
| P03 | SLR-7 | 3056 |
| P03 | SLR-8 | 3197 |
| P03 | SLF-1 | 5067 |
| P03 | SLF-2 | 5208 |
| P03 | SLF-3 | 4706 |
| P03 | SLF-4 | 4846 |
| P03 | SLF-5 | 3780 |
| P03 | SLF-6 | 3920 |
| P03 | SLF-7 | 3418 |
| P03 | SLF-8 | 3559 |
| P03 | SLQP-1 | 4077 |
| P03 | SLQP-2 | 4194 |
| P04 | SLU-1 | 4152 |
| P04 | SLU-2 | 3953 |
| P04 | SLU-3 | 5778 |
| P04 | SLU-4 | 5578 |
| P04 | SLU-5 | 3668 |
| P04 | SLU-6 | 3468 |
| P04 | SLU-7 | 5293 |
| P04 | SLU-8 | 5094 |
| P04 | SLU-9 | 3659 |
| P04 | SLU-10 | 3460 |
| P04 | SLU-11 | 5285 |
| P04 | SLU-12 | 5085 |
| P04 | SLU-13 | 3296 |
| P04 | SLU-14 | 3096 |
| P04 | SLU-15 | 4921 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 85 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P04 | SLU-16 | 4722 |
| P04 | SLU-17 | 4031 |
| P04 | SLU-18 | 3832 |
| P04 | SLU-19 | 5657 |
| P04 | SLU-20 | 5457 |
| P04 | SLU-21 | 3668 |
| P04 | SLU-22 | 3468 |
| P04 | SLU-23 | 5293 |
| P04 | SLU-24 | 5094 |
| P04 | SLU-25 | 3489 |
| P04 | SLU-26 | 3290 |
| P04 | SLU-27 | 6198 |
| P04 | SLU-28 | 5999 |
| P04 | SLU-29 | 3126 |
| P04 | SLU-30 | 2926 |
| P04 | SLU-31 | 5835 |
| P04 | SLU-32 | 5636 |
| P04 | SLU-33 | 3992 |
| P04 | SLU-34 | 3660 |
| P04 | SLU-35 | 5618 |
| P04 | SLU-36 | 5286 |
| P04 | SLU-37 | 3629 |
| P04 | SLU-38 | 3297 |
| P04 | SLU-39 | 5255 |
| P04 | SLU-40 | 4922 |
| P04 | SLV-1 | 2169 |
| P04 | SLV-2 | 2031 |
| P04 | SLV-3 | 2345 |
| P04 | SLV-4 | 2207 |
| P04 | SLV-5 | 2792 |
| P04 | SLV-6 | 2653 |
| P04 | SLR-1 | 3047 |
| P04 | SLR-2 | 2881 |
| P04 | SLR-3 | 4131 |
| P04 | SLR-4 | 3965 |
| P04 | SLR-5 | 2777 |
| P04 | SLR-6 | 2611 |
| P04 | SLR-7 | 3861 |
| P04 | SLR-8 | 3695 |
| P04 | SLF-1 | 3408 |
| P04 | SLF-2 | 3242 |
| P04 | SLF-3 | 3770 |
| P04 | SLF-4 | 3603 |
| P04 | SLF-5 | 3138 |
| P04 | SLF-6 | 2972 |
| P04 | SLF-7 | 3500 |
| P04 | SLF-8 | 3334 |
| P04 | SLQP-1 | 3327 |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P04 | SLQP-2 | 3189 |
| P05 | SLU-1 | 5606 |
| P05 | SLU-2 | 5415 |
| P05 | SLU-3 | 5744 |
| P05 | SLU-4 | 5553 |
| P05 | SLU-5 | 5053 |
| P05 | SLU-6 | 4862 |
| P05 | SLU-7 | 5191 |
| P05 | SLU-8 | 5000 |
| P05 | SLU-9 | 5012 |
| P05 | SLU-10 | 4821 |
| P05 | SLU-11 | 5150 |
| P05 | SLU-12 | 4959 |
| P05 | SLU-13 | 4597 |
| P05 | SLU-14 | 4406 |
| P05 | SLU-15 | 4735 |
| P05 | SLU-16 | 4544 |
| P05 | SLU-17 | 5368 |
| P05 | SLU-18 | 5177 |
| P05 | SLU-19 | 5506 |
| P05 | SLU-20 | 5315 |
| P05 | SLU-21 | 4953 |
| P05 | SLU-22 | 4762 |
| P05 | SLU-23 | 5091 |
| P05 | SLU-24 | 4900 |
| P05 | SLU-25 | 5322 |
| P05 | SLU-26 | 5131 |
| P05 | SLU-27 | 5552 |
| P05 | SLU-28 | 5361 |
| P05 | SLU-29 | 4907 |
| P05 | SLU-30 | 4716 |
| P05 | SLU-31 | 5137 |
| P05 | SLU-32 | 4946 |
| P05 | SLU-33 | 5340 |
| P05 | SLU-34 | 5021 |
| P05 | SLU-35 | 5478 |
| P05 | SLU-36 | 5159 |
| P05 | SLU-37 | 4925 |
| P05 | SLU-38 | 4606 |
| P05 | SLU-39 | 5063 |
| P05 | SLU-40 | 4744 |
| P05 | SLV-1 | 2580 |
| P05 | SLV-2 | 2448 |
| P05 | SLV-3 | 3171 |
| P05 | SLV-4 | 3038 |
| P05 | SLV-5 | 3199 |
| P05 | SLV-6 | 3066 |
| P05 | SLR-1 | 3985 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 87 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P05 | SLR-2 | 3826 |
| P05 | SLR-3 | 4077 |
| P05 | SLR-4 | 3918 |
| P05 | SLR-5 | 3234 |
| P05 | SLR-6 | 3075 |
| P05 | SLR-7 | 3326 |
| P05 | SLR-8 | 3167 |
| P05 | SLF-1 | 4016 |
| P05 | SLF-2 | 3857 |
| P05 | SLF-3 | 4047 |
| P05 | SLF-4 | 3887 |
| P05 | SLF-5 | 3265 |
| P05 | SLF-6 | 3105 |
| P05 | SLF-7 | 3295 |
| P05 | SLF-8 | 3136 |
| P05 | SLQP-1 | 3508 |
| P05 | SLQP-2 | 3375 |
| P06 | SLU-1 | 7061 |
| P06 | SLU-2 | 6877 |
| P06 | SLU-3 | 5711 |
| P06 | SLU-4 | 5528 |
| P06 | SLU-5 | 6438 |
| P06 | SLU-6 | 6255 |
| P06 | SLU-7 | 5089 |
| P06 | SLU-8 | 4905 |
| P06 | SLU-9 | 6365 |
| P06 | SLU-10 | 6182 |
| P06 | SLU-11 | 5016 |
| P06 | SLU-12 | 4832 |
| P06 | SLU-13 | 5898 |
| P06 | SLU-14 | 5715 |
| P06 | SLU-15 | 4549 |
| P06 | SLU-16 | 4366 |
| P06 | SLU-17 | 6705 |
| P06 | SLU-18 | 6522 |
| P06 | SLU-19 | 5356 |
| P06 | SLU-20 | 5173 |
| P06 | SLU-21 | 6239 |
| P06 | SLU-22 | 6055 |
| P06 | SLU-23 | 4889 |
| P06 | SLU-24 | 4706 |
| P06 | SLU-25 | 7155 |
| P06 | SLU-26 | 6972 |
| P06 | SLU-27 | 4906 |
| P06 | SLU-28 | 4723 |
| P06 | SLU-29 | 6688 |
| P06 | SLU-30 | 6505 |
| P06 | SLU-31 | 4439 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 88 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P06 | SLU-32 | 4256 |
| P06 | SLU-33 | 6688 |
| P06 | SLU-34 | 6382 |
| P06 | SLU-35 | 5338 |
| P06 | SLU-36 | 5033 |
| P06 | SLU-37 | 6221 |
| P06 | SLU-38 | 5915 |
| P06 | SLU-39 | 4872 |
| P06 | SLU-40 | 4566 |
| P06 | SLV-1 | 2991 |
| P06 | SLV-2 | 2864 |
| P06 | SLV-3 | 3997 |
| P06 | SLV-4 | 3870 |
| P06 | SLV-5 | 3605 |
| P06 | SLV-6 | 3478 |
| P06 | SLR-1 | 4924 |
| P06 | SLR-2 | 4771 |
| P06 | SLR-3 | 4024 |
| P06 | SLR-4 | 3871 |
| P06 | SLR-5 | 3691 |
| P06 | SLR-6 | 3538 |
| P06 | SLR-7 | 2791 |
| P06 | SLR-8 | 2638 |
| P06 | SLF-1 | 4624 |
| P06 | SLF-2 | 4471 |
| P06 | SLF-3 | 4324 |
| P06 | SLF-4 | 4171 |
| P06 | SLF-5 | 3391 |
| P06 | SLF-6 | 3238 |
| P06 | SLF-7 | 3091 |
| P06 | SLF-8 | 2938 |
| P06 | SLQP-1 | 3688 |
| P06 | SLQP-2 | 3561 |

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:

$$g_2 = 18.0 \times 1.0 = 18.0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{peso terreno}).$$

Nelle combinazioni di carico allo stato limite ultimo 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 allo stato limite di salvaguardia della vita ed allo stato limite di esercizio il coefficiente parziale è stato invece assunto di valore pari a 1.

9.1.2 Sollecitazioni

Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M_{11max} , M_{22max} , V_{13max} , V_{23max} ,) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a flessione e di quella a taglio.

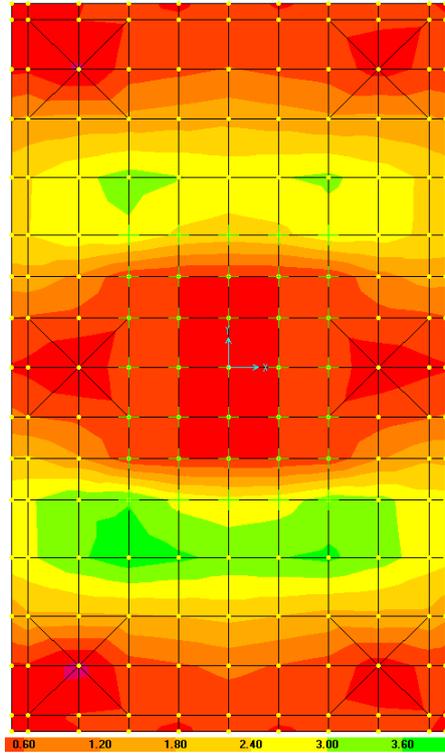


Figura 10: Momento longitudinale $M_{22}=M_y$

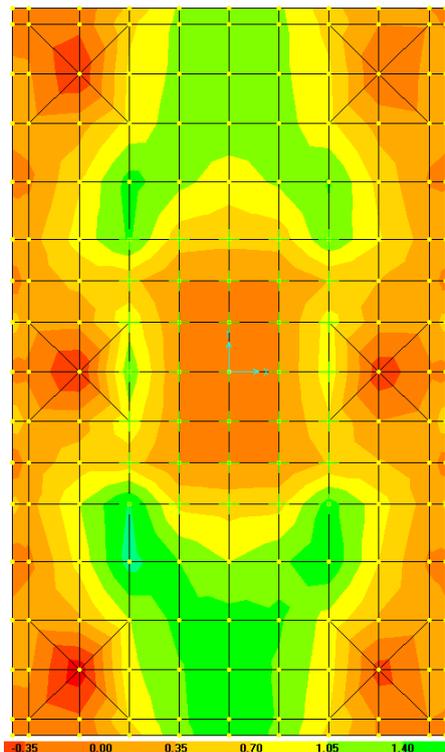


Figura 11: Momento trasversale $M_{11}=M_x$

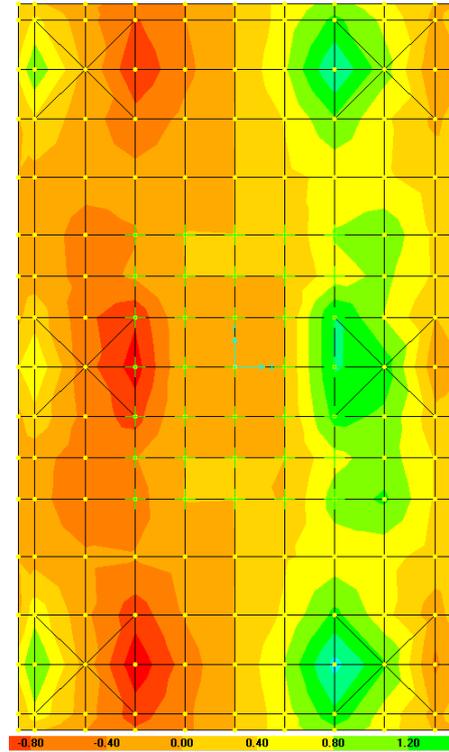


Figura 12: Taglio longitudinale V13=Fx

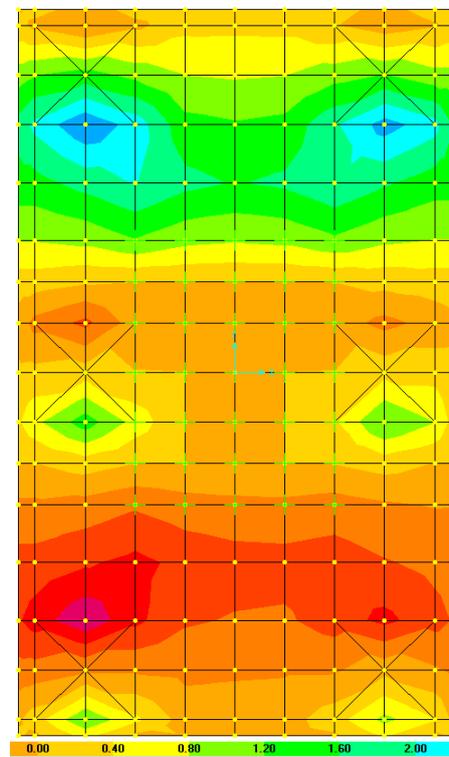


Figura 13: Taglio trasversale V23=Fx

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 91 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

9.1.3 Verifica della sezione del plinto

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

Sulla base delle sollecitazioni ottenute allo S.L.U. è stata disposta l'armatura a flessione. Il momento ultimo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.. Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dell'armatura longitudinale disposta nelle due direzioni e dei momenti resistenti associati:

| Momento trasversale M22=My | | $A_{res,TOT}$ | M_{Sd}^{sup} | M_{Rd}^{sup} | FS | | | |
|----------------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|----|------------------------------|--|
| | | [cm ²] | [cm ²] | [cm ²] | | | | |
| Arm-inf | 10 Φ 24 | 45.2 | 3961 | 4258 | 1.07 | OK | momento trasversale My+=M22 | |
| Arm-sup | 5 Φ 20 | 15.7 | 100 | 1490 | 14.90 | OK | momento trasversale My-=M22- | |

Momento longitudinale M11=Mx

| | | | | | | | | |
|----------------|--------|------|------|------|------|----|--------------------------------|--|
| Arm-inf | 5 Φ 24 | 22.6 | 1886 | 2141 | 1.14 | OK | momento longitudinale Mx+=M11+ | |
| Arm-sup | 5 Φ 20 | 15.7 | 230 | 1490 | 6.48 | OK | momento longitudinale Mx-=M11- | |

9.1.3.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si è ritenuto opportuno disporre due cavallotti al metro quadro come armatura resistente a taglio. Considerando una striscia di un metro, 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

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

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

dove:

d : altezza utile della sezione

b_w : 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

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 92 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

plinto P01 plinto P01

Sollecitazioni V13max V23max

| | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|----|----------------------------------|
| V | = | 2600 | 3100 | 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} | = | 35.0 | 35.0 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f _{ck} | = | 29.1 | 29.1 | 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} | = | 16.5 | 16.5 | 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 _{sl} | = | 6094.0 | 6094.0 | mm ² | armatura longitudinale |
| ρ _l | = | 0.00244 | 0.00244 | | rapporto geometrico di armatura longitudinale |
| k | = | 1.3 | 1.3 | | |
| v _{min} | = | 0.3 | 0.3 | | |
| σ _{cp} | = | 0.0 | 0.0 | MPa | tensione media calcestruzzo |
| σ _{cp,ad} | = | 0.0 | 0.0 | MPa | tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd) |
| V _{Rd} | = | 725.9 | 725.9 | kN | taglio resistente |
| FS | = | 0.3 | 0.2 | | |
| 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) | = | 17.4 | 14.6 | | |
| 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} | = | 8.23 | 8.23 | MPa | resistenza ridotta |
| V _{Rcd} | = | 12963.6 | 12963.6 | kN | taglio resistente calcestruzzo |
| V _{Rd} | = | 3903.3 | 3903.3 | kN | taglio resistente sezione |
| FS | = | 1.5 | 1.3 | | |
| check | = | 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 93 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

9.1.3.3 S.L.E. – Fessurazione

Le verifiche di fessurazione vengono condotte in relazione alle indicazioni riportate negli Eurocodici (in particolare si veda EN 1992-1-1 cap. 7.3) e riprese sia dalle NTC (cap. 4.1.2.2.4) che dalla Circolare n.617. È richiesto in particolare, laddove il momento agente superi quello di fessurazione, di verificare che la tensione nelle barre di armatura rientri in determinati limiti (dipendenti dal diametro e dalla spaziatura dei ferri) o in alternativa di controllare che l'ampiezza della fessura che si apre non superi un determinato valore (funzione dello stato limite, delle condizioni ambientali e del tipo di armatura).

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali aggressive (classe di esposizione XA1).

Condizioni ambientali: **aggressive**

Armature: **poco sensibili**

Momento trasversale M22=My

| | | |
|--------|------|-----|
| Comb | inf | sup |
| SLE-F | 2500 | 150 |
| SLE-QP | 1920 | 110 |

Momento longitudinale M11=Mx

| | | |
|--------|------|-----|
| Comb | inf | sup |
| SLE-F | 1200 | 100 |
| SLE-QP | 930 | 220 |

| MATERIALI | | comb. FREQUENTE | | comb. FREQUENTE | | | |
|------------------|---|------------------------------|--------|----------------------------|--------|-----|---|
| | | Momento longitudinale M11=Mx | | Momento trasversale M22=My | | | |
| | | inf | sup | inf | sup | | |
| Calcestruzzo | | | | | | | |
| R _{ck} | = | 35 | 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f _{ck} | = | 29.05 | 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f _{cm} | = | 37.05 | 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f _{ctm} | = | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f _{ctk} | = | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f _{ctm} | = | 3.40 | 3.40 | 3.40 | 3.40 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| γ _c | = | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α _{cc} | = | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f _{cd} | = | 16.46 | 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f _{ctd} | = | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| E _c | = | 32588 | 32588 | 32588 | 32588 | MPa | modulo di Young |
| Acciaio | | | | | | | |
| E _s | = | 206000 | 206000 | 206000 | 206000 | MPa | modulo di Young acciaio |
| γ _s | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente parziale 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 |
| n | = | 15 | 15 | 15 | 15 | | coefficiente di omogeneizzazione |

| | | |
|--|--|--|
| 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 Busita II | |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx | |
| | Pagina 94 di 128 | |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc | |

GEOMETRIA SEZIONE

| | | | | | | | |
|---------------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--|
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm | larghezza |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm | altezza |
| c' | = | 50 | 50 | 50 | 50 | mm | copriferro |
| ARMATURA | | | | | | | |
| numero barre | | | | | | | |
| n1 (superiore) | = | 5 | 10 | 5 | 10 | | numero barre strato 1 |
| n2 | = | | | | | | numero barre strato 2 |
| n3 | = | | | | | | numero barre strato 3 |
| n4 | = | | | | | | numero barre strato 4 |
| n5 | = | | | | | | numero barre strato 5 |
| n6 | = | | | | | | numero barre strato 6 |
| n7 | = | | | | | | numero barre strato 7 |
| n8 (inferiore) | = | 10 | 5 | 10 | 5 | | numero barre strato 8 |
| diametro barre | | | | | | | |
| Ø1 | = | 20 | 24 | 20 | 24 | mm | diametro barre strato 1 |
| Ø2 | = | | | | | mm | diametro barra strato 2 |
| Ø3 | = | | | | | mm | diametro barra strato 3 |
| Ø4 | = | | | | | mm | diametro barra strato 4 |
| Ø5 | = | | | | | mm | diametro barra strato 5 |
| Ø6 | = | | | | | mm | diametro barra strato 6 |
| Ø7 | = | | | | | mm | diametro barra strato 7 |
| Ø8 | = | 24 | 20 | 24 | 20 | mm | diametro barra strato 8 |
| ordinate barre | | | | | | | |
| y1 | = | 2450 | 2450 | 2450 | 2450 | mm | ordinata barre strato 1 |
| y2 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 2 |
| y3 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 3 |
| y4 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 4 |
| y5 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 5 |
| y6 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 6 |
| y7 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 7 |
| y8 | = | 50 | 50 | 50 | 50 | mm | ordinata barre strato 8 |
| area barre | | | | | | | |
| A _{s1} | = | 1571 | 4524 | 1571 | 4524 | mm ² | area barre strato 1 |
| A _{s2} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 2 |
| A _{s3} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 3 |
| A _{s4} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 4 |
| A _{s5} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 5 |
| A _{s6} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 6 |
| A _{s7} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 7 |
| A _{s8} | = | 4524 | 1571 | 4524 | 1571 | mm ² | area barre strato 8 |
| SOLLECITAZIONI | | | | | | | |
| | | M11+ | M11- | M22+ | M22- | | da sap |
| M | = | 1200 | 100 | 2500 | 150 | kNm | momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori) |
| N | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN | sforzo normale (>0 compressione) |
| VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI | | | | | | | |
| cs | = | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| cs | = | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | | |
| an | = | 494.4 | 270.0 | 494.4 | 270.0 | mm | asse neutro (distanza da lembo compresso) |
| Y _n | = | 2006 | 2230 | 2006 | 2230 | mm | ordinata asse neutro |
| A | = | 585850 | 361382 | 585850 | 361382 | mm ² | area sezione reagente |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 95 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | | | | |
|------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|------------------------------------|
| J | = | 304451294695 | 121821133048 | 304451294695 | 121821133048 | mm ⁴ | momento d'inerzia sezione reagente |
| S | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ³ | momento statico sezione reagente |
| σ_c | = | -1.95 | -0.22 | -4.06 | -0.33 | MPa | tensione calcestruzzo |
| σ_s | = | 115.62 | 26.84 | 240.87 | 40.26 | MPa | tensione massima acciaio |

VERIFICA A FESSURAZIONE

sezione tesa

| | | | | | | | |
|----------------------|---|--------|--------|--------|--------|-----|-------------------------|
| M_{fess} | = | 2752.9 | 2664.0 | 2752.9 | 2664.0 | kNm | momento di fessurazione |
| $FS=M_{fess}/M_{Sd}$ | = | 2.3 | 26.6 | 1.1 | 17.8 | | check ok se >1 |

| | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | comb. | comb. | comb. | comb. |
| | QUASI PERM. | QUASI PERM. | QUASI PERM. | QUASI PERM. |

| | | |
|--|------------------------------|----------------------------|
| | Momento longitudinale M11=MX | Momento trasversale M22=My |
|--|------------------------------|----------------------------|

| MATERIALI | inf | sup | inf | sup | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|-----|---|
| Calcestruzzo | | | | | | |
| R_{ck} | 35 | 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | 29.05 | 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{cm} | 37.05 | 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{ctm} | 3.40 | 3.40 | 3.40 | 3.40 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| γ_c | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | 16.46 | 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| E_c | 32588 | 32588 | 32588 | 32588 | MPa | modulo di Young |
| Acciaio | | | | | | |
| E_s | 206000 | 206000 | 206000 | 206000 | MPa | modulo di Young acciaio |
| γ_s | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente parziale 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 |
| n | 15 | 15 | 15 | 15 | | coefficiente di omogeneizzazione |

GEOMETRIA SEZIONE

| | | | | | | | |
|----|---|------|------|------|------|----|------------|
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm | larghezza |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm | altezza |
| c' | = | 50 | 50 | 50 | 50 | mm | copriferro |

ARMATURA

numero barre

| | | | | | | | |
|----------------|---|----|----|----|----|--|-----------------------|
| n1 (superiore) | = | 5 | 10 | 5 | 10 | | numero barre strato 1 |
| n2 | = | | | | | | numero barre strato 2 |
| n3 | = | | | | | | numero barre strato 3 |
| n4 | = | | | | | | numero barre strato 4 |
| n5 | = | | | | | | numero barre strato 5 |
| n6 | = | | | | | | numero barre strato 6 |
| n7 | = | | | | | | numero barre strato 7 |
| n8 (inferiore) | = | 10 | 5 | 10 | 5 | | numero barre strato 8 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 96 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| diametro barre | | | | | | |
| Ø1 | = | 20 | 24 | 20 | 24 | mm diametro barre strato 1 |
| Ø2 | = | | | | | mm diametro barra strato 2 |
| Ø3 | = | | | | | mm diametro barra strato 3 |
| Ø4 | = | | | | | mm diametro barra strato 4 |
| Ø5 | = | | | | | mm diametro barra strato 5 |
| Ø6 | = | | | | | mm diametro barra strato 6 |
| Ø7 | = | | | | | mm diametro barra strato 7 |
| Ø8 | = | 24 | 20 | 24 | 20 | mm diametro barra strato 8 |
| ordinate barre | | | | | | |
| y1 | = | 2450 | 2450 | 2450 | 2450 | mm ordinata barre strato 1 |
| y2 | = | | | | | mm ordinata barre strato 2 |
| y3 | = | | | | | mm ordinata barre strato 3 |
| y4 | = | | | | | mm ordinata barre strato 4 |
| y5 | = | | | | | mm ordinata barre strato 5 |
| y6 | = | | | | | mm ordinata barre strato 6 |
| y7 | = | | | | | mm ordinata barre strato 7 |
| y8 | = | 50 | 50 | 50 | 50 | mm ordinata barre strato 8 |
| area barre | | | | | | |
| A _{s1} | = | 1571 | 4524 | 1571 | 4524 | mm ² area barre strato 1 |
| A _{s2} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 2 |
| A _{s3} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 3 |
| A _{s4} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 4 |
| A _{s5} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 5 |
| A _{s6} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 6 |
| A _{s7} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 7 |
| A _{s8} | = | 4524 | 1571 | 4524 | 1571 | mm ² area barre strato 8 |
| SOLLECITAZIONI | | M11+ | M11- | M22+ | M22- | da sap |
| M | = | 930 | 220 | 1920 | 110 | kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori) |
| N | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN sforzo normale (>0 compressione) |
| VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI | | | | | | |
| cs | = | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| cs | = | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | |
| an | = | 494.4 | 270.0 | 494.4 | 270.0 | mm asse neutro (distanza da lembo compresso) |
| Y _n | = | 2006 | 2230 | 2006 | 2230 | mm ordinata asse neutro |
| A | = | 585850 | 361382 | 585850 | 361382 | mm ² area sezione reagente |
| J | = | 304451294695 | 121821133048 | 304451294695 | 121821133048 | mm ⁴ momento d'inerzia sezione reagente |
| S | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ³ momento statico sezione reagente |
| σ _c | = | -1.51 | -0.49 | -3.12 | -0.24 | MPa tensione calcestruzzo |
| σ _s | = | 89.60 | 59.05 | 184.99 | 29.53 | MPa tensione massima acciaio |
| VERIFICA A FESSURAZIONE | | | | | | |
| sezione tesa | | | | | | |
| M _{fess} | = | 2752.9 | 2664.0 | 2752.9 | 2664.0 | kNm momento di fessurazione |
| FS=M _{fess} /M _{Sd} | = | 3.0 | 12.1 | 1.4 | 24.2 | check ok se >1 |

Tutte le verifiche risultano soddisfatte in quanto il momento di fessurazione è sempre maggiore del momento agente considerato.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 97 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

9.1.3.4 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).

Momento trasversale M22=My

| | | |
|--------|------|-----|
| Comb | inf | sup |
| SLE-R | 2690 | 150 |
| SLE-QP | 1920 | 110 |

Momento longitudinale M11=Mx

| | | |
|--------|------|-----|
| Comb | inf | sup |
| SLE-R | 1285 | 110 |
| SLE-QP | 930 | 220 |

| | | comb. Rara | comb. Rara | comb. Rara | comb. Rara | |
|--------------------------|---|------------------------------|---------------|----------------------------|---------------|---|
| | | Momento longitudinale M11=Mx | | Momento trasversale M22=My | | |
| | | inf | sup | inf | sup | |
| MATERIALI | | | | | | |
| Calcestruzzo | | | | | | |
| R_{ck} | = | 35 | 35 | 35 | 35 | MPa resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 29.05 | 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{cm} | = | 37.05 | 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | MPa resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | MPa resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{ctm} | = | 3.40 | 3.40 | 3.40 | 3.40 | MPa resistenza media a trazione per flessione |
| γ_c | = | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.46 | 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | MPa resistenza di calcolo a trazione |
| E_c | = | 32588 | 32588 | 32588 | 32588 | MPa modulo di Young |
| Acciaio | | | | | | |
| E_s | = | 206000 | 206000 | 206000 | 206000 | MPa modulo di Young acciaio |
| γ_s | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | coefficiente parziale 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 |
| n | = | 15 | 15 | 15 | 15 | coefficiente di omogeneizzazione |
| GEOMETRIA SEZIONE | | | | | | |
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm larghezza |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm altezza |
| c' | = | 50 | 50 | 50 | 50 | mm copriferro |
| ARMATURA | | | | | | |
| numero barre | | | | | | |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 98 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--|
| n1 (superiore) | = | 5 | 10 | 5 | 10 | | numero barre strato 1 |
| n2 | = | | | | | | numero barre strato 2 |
| n3 | = | | | | | | numero barre strato 3 |
| n4 | = | | | | | | numero barre strato 4 |
| n5 | = | | | | | | numero barre strato 5 |
| n6 | = | | | | | | numero barre strato 6 |
| n7 | = | | | | | | numero barre strato 7 |
| n8 (inferiore) | = | 10 | 5 | 10 | 5 | | numero barre strato 8 |
| diametro barre | | | | | | | |
| Ø1 | = | 20 | 24 | 20 | 24 | mm | diametro barre strato 1 |
| Ø2 | = | | | | | mm | diametro barra strato 2 |
| Ø3 | = | | | | | mm | diametro barra strato 3 |
| Ø4 | = | | | | | mm | diametro barra strato 4 |
| Ø5 | = | | | | | mm | diametro barra strato 5 |
| Ø6 | = | | | | | mm | diametro barra strato 6 |
| Ø7 | = | | | | | mm | diametro barra strato 7 |
| Ø8 | = | 24 | 20 | 24 | 20 | mm | diametro barra strato 8 |
| ordinate barre | | | | | | | |
| y1 | = | 2450 | 2450 | 2450 | 2450 | mm | ordinata barre strato 1 |
| y2 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 2 |
| y3 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 3 |
| y4 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 4 |
| y5 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 5 |
| y6 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 6 |
| y7 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 7 |
| y8 | = | 50 | 50 | 50 | 50 | mm | ordinata barre strato 8 |
| area barre | | | | | | | |
| A _{s1} | = | 1571 | 4524 | 1571 | 4524 | mm ² | area barre strato 1 |
| A _{s2} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 2 |
| A _{s3} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 3 |
| A _{s4} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 4 |
| A _{s5} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 5 |
| A _{s6} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 6 |
| A _{s7} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 7 |
| A _{s8} | = | 4524 | 1571 | 4524 | 1571 | mm ² | area barre strato 8 |
| SOLLECITAZIONI | | | | | | | |
| M | = | M11+ | M11- | M22+ | M22- | | da sap |
| M | = | 1285 | 110 | 2690 | 150 | kNm | momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori) |
| N | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN | sfuerzo normale (>0 compressione) |
| VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI | | | | | | | |
| cs | = | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| cs | = | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | | |
| an | = | 494.4 | 270.0 | 494.4 | 270.0 | mm | asse neutro (distanza da lembo compresso) |
| Y _n | = | 2006 | 2230 | 2006 | 2230 | mm | ordinata asse neutro |
| A | = | 585850 | 361382 | 585850 | 361382 | mm ² | area sezione reagente |
| J | = | 304451294695 | 121821133048 | 304451294695 | 121821133048 | mm ⁴ | momento d'inerzia sezione reagente |
| S | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ³ | momento statico sezione reagente |
| Verifica tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio | | | | | | | |
| σ _c | = | -2.09 | -0.24 | -4.37 | -0.33 | MPa | tensione calcestruzzo |
| σ _{c,max} | = | -17.43 | -17.43 | -17.43 | -17.43 | MPa | massima tensione del cls da normativa |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 99 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | | | | |
|--|---|------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|-----|---|
| FS | | 8.35 | 71.50 | 3.99 | 52.44 | | check ok se >1 |
| Verifica tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio | | | | | | | |
| σ_s | = | 123.81 | 29.53 | 259.18 | 40.26 | MPa | tensione massima acciaio |
| $\sigma_{s,max}$ | = | 360.00 | 360.00 | 360.00 | 360.00 | MPa | massima tensione dell'acciaio normativa |
| FS | | 2.91 | 12.19 | 1.39 | 8.94 | | check ok se >1 |
| | | comb. | comb. | comb. | comb. | | |
| | | Quasi Perm. | Quasi Perm. | Quasi Perm. | Quasi Perm. | | |
| | | Momento longitudinale M11=MX | | Momento trasversale M22=My | | | |
| MATERIALI | | inf | sup | inf | sup | | |
| Calcestruzzo | | | | | | | |
| R_{ck} | = | 35 | 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 29.05 | 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{cm} | = | 37.05 | 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{ctm} | = | 3.40 | 3.40 | 3.40 | 3.40 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| γ_c | = | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.46 | 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| E_c | = | 32588 | 32588 | 32588 | 32588 | MPa | modulo di Young |
| Acciaio | | | | | | | |
| E_s | = | 206000 | 206000 | 206000 | 206000 | MPa | modulo di Young acciaio |
| γ_s | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente parziale 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 |
| n | = | 15 | 15 | 15 | 15 | | coefficiente di omogeneizzazione |
| GEOMETRIA SEZIONE | | | | | | | |
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm | larghezza |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm | altezza |
| c' | = | 50 | 50 | 50 | 50 | mm | copriferro |
| ARMATURA | | | | | | | |
| numero barre | | | | | | | |
| n1 (superiore) | = | 5 | 10 | 5 | 10 | | numero barre strato 1 |
| n2 | = | | | | | | numero barre strato 2 |
| n3 | = | | | | | | numero barre strato 3 |
| n4 | = | | | | | | numero barre strato 4 |
| n5 | = | | | | | | numero barre strato 5 |
| n6 | = | | | | | | numero barre strato 6 |
| n7 | = | | | | | | numero barre strato 7 |
| n8 (inferiore) | = | 10 | 5 | 10 | 5 | | numero barre strato 8 |
| diametro barre | | | | | | | |
| Ø1 | = | 20 | 24 | 20 | 24 | mm | diametro barre strato 1 |
| Ø2 | = | | | | | mm | diametro barra strato 2 |
| Ø3 | = | | | | | mm | diametro barra strato 3 |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| 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 Busita II | | | |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx | | | |
| | Pagina 100 di 128 | | | |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--|
| Ø4 | = | | | | | mm | diametro barra strato 4 |
| Ø5 | = | | | | | mm | diametro barra strato 5 |
| Ø6 | = | | | | | mm | diametro barra strato 6 |
| Ø7 | = | | | | | mm | diametro barra strato 7 |
| Ø8 | = | 24 | 20 | 24 | 20 | mm | diametro barra strato 8 |
| ordinate barre | | | | | | | |
| y1 | = | 2450 | 2450 | 2450 | 2450 | mm | ordinata barre strato 1 |
| y2 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 2 |
| y3 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 3 |
| y4 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 4 |
| y5 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 5 |
| y6 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 6 |
| y7 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 7 |
| y8 | = | 50 | 50 | 50 | 50 | mm | ordinata barre strato 8 |
| area barre | | | | | | | |
| A _{s1} | = | 1571 | 4524 | 1571 | 4524 | mm ² | area barre strato 1 |
| A _{s2} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 2 |
| A _{s3} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 3 |
| A _{s4} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 4 |
| A _{s5} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 5 |
| A _{s6} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 6 |
| A _{s7} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 7 |
| A _{s8} | = | 4524 | 1571 | 4524 | 1571 | mm ² | area barre strato 8 |
| SOLLECITAZIONI | | M11+ | M11- | M22+ | M22- | | da sap |
| M | = | 930 | 220 | 1920 | 110 | kNm | momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori) |
| N | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN | sfuerzo normale (>0 compressione) |
| VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI | | | | | | | |
| cs | = | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| cs | = | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | | |
| an | = | 494.4 | 270.0 | 494.4 | 270.0 | mm | asse neutro (distanza da lembo compresso) |
| Y _n | = | 2006 | 2230 | 2006 | 2230 | mm | ordinata asse neutro |
| A | = | 585850 | 361382 | 585850 | 361382 | mm ² | area sezione reagente |
| J | = | 304451294695 | 121821133048 | 304451294695 | 121821133048 | mm ⁴ | momento d'inerzia sezione reagente |
| S | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ³ | momento statico sezione reagente |
| Verifica tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio | | | | | | | |
| σ _c | = | -1.51 | -0.49 | -3.12 | -0.24 | MPa | tensione calcestruzzo |
| σ _{c,max} | = | -13.07 | -13.07 | -13.07 | -13.07 | MPa | massima tensione del cls da normativa |
| FS | | 8.66 | 26.81 | 4.19 | 53.63 | | check ok se >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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 101 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

9.2 PLINTO P03 – TIPO B SU 9 PALI

Geometria del plinto in esame:

| Pila | Tipo B | P03 |
|------|--------|-----------------------------------|
| n | = | 9 numero pali |
| H | = | 2.50 m altezza |
| L1 | = | 11.00 m dimensione plinto lungo x |
| L2 | = | 11.00 m dimensione plinto lungo y |

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 rigidità della struttura reale. 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*).

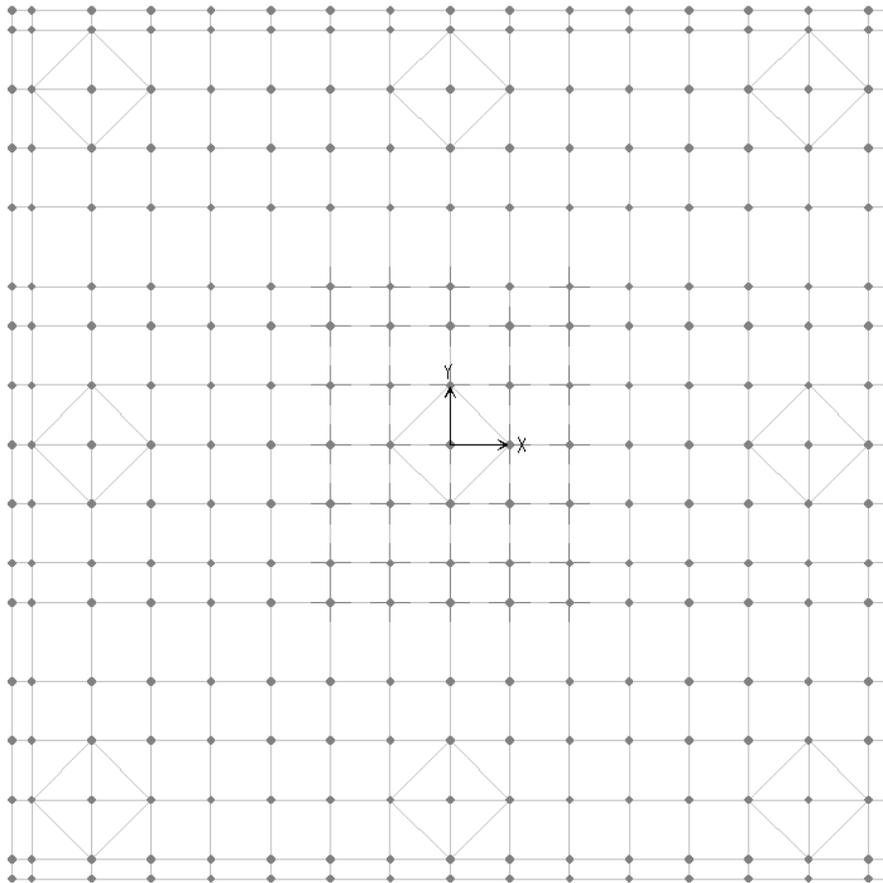


Figura 14: Modello agli elementi finiti Plinto P03 carreggiata DX

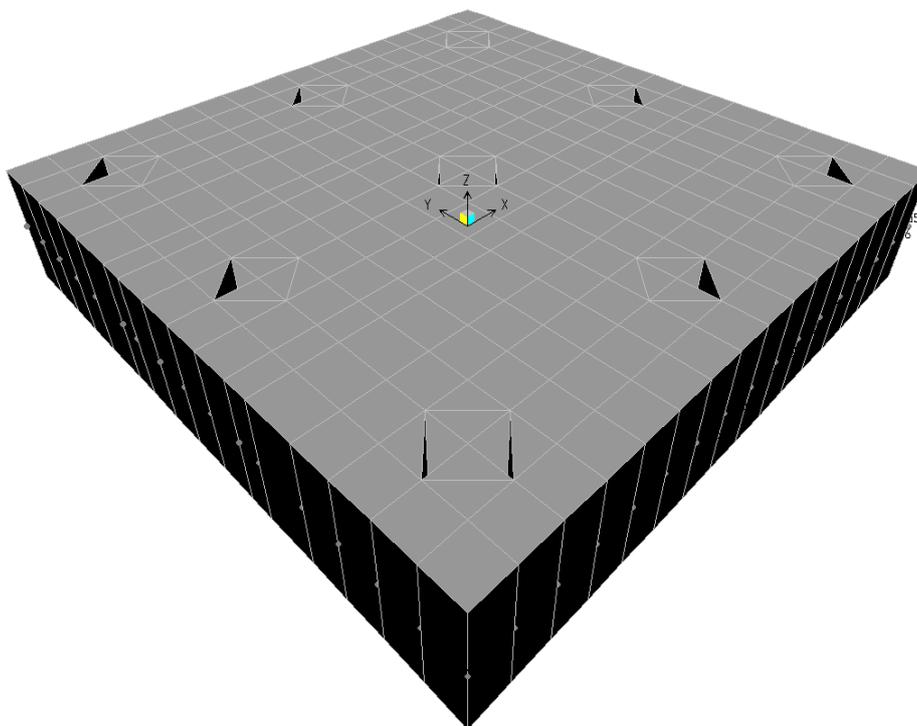


Figura 15: Vista 3d del modello agli elementi finiti

9.2.1 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 della carreggiata destra, alle quali si fa riferimento per il dimensionamento di tutti i plinti di questa tipologia, in quanto sono le più gravose.

Azioni Sui Pali della Pila P03 carreggiata destra

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P01 | SLU-1 | 6149 |
| P01 | SLU-2 | 6216 |
| P01 | SLU-3 | 7659 |
| P01 | SLU-4 | 7726 |
| P01 | SLU-5 | 5637 |
| P01 | SLU-6 | 5704 |
| P01 | SLU-7 | 7146 |
| P01 | SLU-8 | 7214 |
| P01 | SLU-9 | 6121 |
| P01 | SLU-10 | 6189 |
| P01 | SLU-11 | 7631 |
| P01 | SLU-12 | 7698 |
| P01 | SLU-13 | 5737 |
| P01 | SLU-14 | 5804 |
| P01 | SLU-15 | 7247 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 103 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P01 | SLU-16 | 7314 |
| P01 | SLU-17 | 5971 |
| P01 | SLU-18 | 6038 |
| P01 | SLU-19 | 7480 |
| P01 | SLU-20 | 7547 |
| P01 | SLU-21 | 5586 |
| P01 | SLU-22 | 5654 |
| P01 | SLU-23 | 7096 |
| P01 | SLU-24 | 7163 |
| P01 | SLU-25 | 5467 |
| P01 | SLU-26 | 5535 |
| P01 | SLU-27 | 7983 |
| P01 | SLU-28 | 8051 |
| P01 | SLU-29 | 5083 |
| P01 | SLU-30 | 5150 |
| P01 | SLU-31 | 7599 |
| P01 | SLU-32 | 7666 |
| P01 | SLU-33 | 5995 |
| P01 | SLU-34 | 6108 |
| P01 | SLU-35 | 7505 |
| P01 | SLU-36 | 7617 |
| P01 | SLU-37 | 5611 |
| P01 | SLU-38 | 5723 |
| P01 | SLU-39 | 7121 |
| P01 | SLU-40 | 7233 |
| P01 | SLV-1 | 4861 |
| P01 | SLV-2 | 4908 |
| P01 | SLV-3 | 4147 |
| P01 | SLV-4 | 4194 |
| P01 | SLV-5 | 4489 |
| P01 | SLV-6 | 4536 |
| P01 | SLR-1 | 4471 |
| P01 | SLR-2 | 4527 |
| P01 | SLR-3 | 5477 |
| P01 | SLR-4 | 5533 |
| P01 | SLR-5 | 3962 |
| P01 | SLR-6 | 4018 |
| P01 | SLR-7 | 4969 |
| P01 | SLR-8 | 5025 |
| P01 | SLF-1 | 4806 |
| P01 | SLF-2 | 4863 |
| P01 | SLF-3 | 5142 |
| P01 | SLF-4 | 5198 |
| P01 | SLF-5 | 4298 |
| P01 | SLF-6 | 4354 |
| P01 | SLF-7 | 4633 |
| P01 | SLF-8 | 4689 |
| P01 | SLQP-1 | 4572 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 104 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P01 | SLQP-2 | 4619 |
| P02 | SLU-1 | 7353 |
| P02 | SLU-2 | 7402 |
| P02 | SLU-3 | 7275 |
| P02 | SLU-4 | 7325 |
| P02 | SLU-5 | 6933 |
| P02 | SLU-6 | 6982 |
| P02 | SLU-7 | 6855 |
| P02 | SLU-8 | 6905 |
| P02 | SLU-9 | 7285 |
| P02 | SLU-10 | 7335 |
| P02 | SLU-11 | 7208 |
| P02 | SLU-12 | 7257 |
| P02 | SLU-13 | 6971 |
| P02 | SLU-14 | 7020 |
| P02 | SLU-15 | 6893 |
| P02 | SLU-16 | 6942 |
| P02 | SLU-17 | 7106 |
| P02 | SLU-18 | 7155 |
| P02 | SLU-19 | 7028 |
| P02 | SLU-20 | 7078 |
| P02 | SLU-21 | 6791 |
| P02 | SLU-22 | 6840 |
| P02 | SLU-23 | 6713 |
| P02 | SLU-24 | 6763 |
| P02 | SLU-25 | 7132 |
| P02 | SLU-26 | 7181 |
| P02 | SLU-27 | 7002 |
| P02 | SLU-28 | 7052 |
| P02 | SLU-29 | 6817 |
| P02 | SLU-30 | 6866 |
| P02 | SLU-31 | 6687 |
| P02 | SLU-32 | 6737 |
| P02 | SLU-33 | 7142 |
| P02 | SLU-34 | 7224 |
| P02 | SLU-35 | 7064 |
| P02 | SLU-36 | 7147 |
| P02 | SLU-37 | 6827 |
| P02 | SLU-38 | 6909 |
| P02 | SLU-39 | 6749 |
| P02 | SLU-40 | 6832 |
| P02 | SLV-1 | 5162 |
| P02 | SLV-2 | 5197 |
| P02 | SLV-3 | 4829 |
| P02 | SLV-4 | 4864 |
| P02 | SLV-5 | 4785 |
| P02 | SLV-6 | 4819 |
| P02 | SLR-1 | 5256 |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P02 | SLR-2 | 5298 |
| P02 | SLR-3 | 5204 |
| P02 | SLR-4 | 5246 |
| P02 | SLR-5 | 4391 |
| P02 | SLR-6 | 4433 |
| P02 | SLR-7 | 4340 |
| P02 | SLR-8 | 4381 |
| P02 | SLF-1 | 5239 |
| P02 | SLF-2 | 5280 |
| P02 | SLF-3 | 5222 |
| P02 | SLF-4 | 5263 |
| P02 | SLF-5 | 4374 |
| P02 | SLF-6 | 4415 |
| P02 | SLF-7 | 4357 |
| P02 | SLF-8 | 4398 |
| P02 | SLQP-1 | 4674 |
| P02 | SLQP-2 | 4708 |
| P03 | SLU-1 | 8557 |
| P03 | SLU-2 | 8588 |
| P03 | SLU-3 | 6892 |
| P03 | SLU-4 | 6923 |
| P03 | SLU-5 | 8229 |
| P03 | SLU-6 | 8261 |
| P03 | SLU-7 | 6564 |
| P03 | SLU-8 | 6596 |
| P03 | SLU-9 | 8450 |
| P03 | SLU-10 | 8481 |
| P03 | SLU-11 | 6785 |
| P03 | SLU-12 | 6816 |
| P03 | SLU-13 | 8204 |
| P03 | SLU-14 | 8236 |
| P03 | SLU-15 | 6539 |
| P03 | SLU-16 | 6571 |
| P03 | SLU-17 | 8241 |
| P03 | SLU-18 | 8273 |
| P03 | SLU-19 | 6576 |
| P03 | SLU-20 | 6608 |
| P03 | SLU-21 | 7995 |
| P03 | SLU-22 | 8027 |
| P03 | SLU-23 | 6331 |
| P03 | SLU-24 | 6362 |
| P03 | SLU-25 | 8796 |
| P03 | SLU-26 | 8828 |
| P03 | SLU-27 | 6021 |
| P03 | SLU-28 | 6053 |
| P03 | SLU-29 | 8550 |
| P03 | SLU-30 | 8582 |
| P03 | SLU-31 | 5776 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 106 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P03 | SLU-32 | 5807 |
| P03 | SLU-33 | 8288 |
| P03 | SLU-34 | 8341 |
| P03 | SLU-35 | 6623 |
| P03 | SLU-36 | 6676 |
| P03 | SLU-37 | 8043 |
| P03 | SLU-38 | 8096 |
| P03 | SLU-39 | 6378 |
| P03 | SLU-40 | 6431 |
| P03 | SLV-1 | 5463 |
| P03 | SLV-2 | 5485 |
| P03 | SLV-3 | 5512 |
| P03 | SLV-4 | 5534 |
| P03 | SLV-5 | 5081 |
| P03 | SLV-6 | 5103 |
| P03 | SLR-1 | 6042 |
| P03 | SLR-2 | 6068 |
| P03 | SLR-3 | 4932 |
| P03 | SLR-4 | 4958 |
| P03 | SLR-5 | 4820 |
| P03 | SLR-6 | 4847 |
| P03 | SLR-7 | 3710 |
| P03 | SLR-8 | 3737 |
| P03 | SLF-1 | 5672 |
| P03 | SLF-2 | 5698 |
| P03 | SLF-3 | 5302 |
| P03 | SLF-4 | 5328 |
| P03 | SLF-5 | 4450 |
| P03 | SLF-6 | 4477 |
| P03 | SLF-7 | 4080 |
| P03 | SLF-8 | 4107 |
| P03 | SLQP-1 | 4775 |
| P03 | SLQP-2 | 4797 |
| P04 | SLU-1 | 5533 |
| P04 | SLU-2 | 5509 |
| P04 | SLU-3 | 7118 |
| P04 | SLU-4 | 7094 |
| P04 | SLU-5 | 5100 |
| P04 | SLU-6 | 5076 |
| P04 | SLU-7 | 6685 |
| P04 | SLU-8 | 6661 |
| P04 | SLU-9 | 5352 |
| P04 | SLU-10 | 5328 |
| P04 | SLU-11 | 6937 |
| P04 | SLU-12 | 6913 |
| P04 | SLU-13 | 5027 |
| P04 | SLU-14 | 5003 |
| P04 | SLU-15 | 6612 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 107 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P04 | SLU-16 | 6588 |
| P04 | SLU-17 | 5380 |
| P04 | SLU-18 | 5357 |
| P04 | SLU-19 | 6966 |
| P04 | SLU-20 | 6942 |
| P04 | SLU-21 | 5056 |
| P04 | SLU-22 | 5032 |
| P04 | SLU-23 | 6641 |
| P04 | SLU-24 | 6617 |
| P04 | SLU-25 | 4852 |
| P04 | SLU-26 | 4828 |
| P04 | SLU-27 | 7494 |
| P04 | SLU-28 | 7470 |
| P04 | SLU-29 | 4527 |
| P04 | SLU-30 | 4503 |
| P04 | SLU-31 | 7169 |
| P04 | SLU-32 | 7145 |
| P04 | SLU-33 | 5386 |
| P04 | SLU-34 | 5347 |
| P04 | SLU-35 | 6972 |
| P04 | SLU-36 | 6932 |
| P04 | SLU-37 | 5061 |
| P04 | SLU-38 | 5022 |
| P04 | SLU-39 | 6647 |
| P04 | SLU-40 | 6607 |
| P04 | SLV-1 | 4020 |
| P04 | SLV-2 | 4003 |
| P04 | SLV-3 | 3639 |
| P04 | SLV-4 | 3623 |
| P04 | SLV-5 | 3999 |
| P04 | SLV-6 | 3983 |
| P04 | SLR-1 | 4045 |
| P04 | SLR-2 | 4025 |
| P04 | SLR-3 | 5102 |
| P04 | SLR-4 | 5082 |
| P04 | SLR-5 | 3608 |
| P04 | SLR-6 | 3588 |
| P04 | SLR-7 | 4665 |
| P04 | SLR-8 | 4645 |
| P04 | SLF-1 | 4398 |
| P04 | SLF-2 | 4378 |
| P04 | SLF-3 | 4750 |
| P04 | SLF-4 | 4730 |
| P04 | SLF-5 | 3960 |
| P04 | SLF-6 | 3940 |
| P04 | SLF-7 | 4312 |
| P04 | SLF-8 | 4292 |
| P04 | SLQP-1 | 4233 |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P04 | SLQP-2 | 4217 |
| P05 | SLU-1 | 6737 |
| P05 | SLU-2 | 6695 |
| P05 | SLU-3 | 6735 |
| P05 | SLU-4 | 6693 |
| P05 | SLU-5 | 6396 |
| P05 | SLU-6 | 6355 |
| P05 | SLU-7 | 6394 |
| P05 | SLU-8 | 6353 |
| P05 | SLU-9 | 6516 |
| P05 | SLU-10 | 6474 |
| P05 | SLU-11 | 6514 |
| P05 | SLU-12 | 6472 |
| P05 | SLU-13 | 6260 |
| P05 | SLU-14 | 6219 |
| P05 | SLU-15 | 6258 |
| P05 | SLU-16 | 6217 |
| P05 | SLU-17 | 6516 |
| P05 | SLU-18 | 6474 |
| P05 | SLU-19 | 6514 |
| P05 | SLU-20 | 6472 |
| P05 | SLU-21 | 6260 |
| P05 | SLU-22 | 6218 |
| P05 | SLU-23 | 6258 |
| P05 | SLU-24 | 6216 |
| P05 | SLU-25 | 6516 |
| P05 | SLU-26 | 6475 |
| P05 | SLU-27 | 6513 |
| P05 | SLU-28 | 6471 |
| P05 | SLU-29 | 6261 |
| P05 | SLU-30 | 6219 |
| P05 | SLU-31 | 6257 |
| P05 | SLU-32 | 6216 |
| P05 | SLU-33 | 6533 |
| P05 | SLU-34 | 6463 |
| P05 | SLU-35 | 6531 |
| P05 | SLU-36 | 6461 |
| P05 | SLU-37 | 6277 |
| P05 | SLU-38 | 6208 |
| P05 | SLU-39 | 6275 |
| P05 | SLU-40 | 6206 |
| P05 | SLV-1 | 4321 |
| P05 | SLV-2 | 4292 |
| P05 | SLV-3 | 4322 |
| P05 | SLV-4 | 4293 |
| P05 | SLV-5 | 4295 |
| P05 | SLV-6 | 4266 |
| P05 | SLR-1 | 4831 |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P05 | SLR-2 | 4796 |
| P05 | SLR-3 | 4829 |
| P05 | SLR-4 | 4795 |
| P05 | SLR-5 | 4037 |
| P05 | SLR-6 | 4002 |
| P05 | SLR-7 | 4035 |
| P05 | SLR-8 | 4001 |
| P05 | SLF-1 | 4830 |
| P05 | SLF-2 | 4796 |
| P05 | SLF-3 | 4830 |
| P05 | SLF-4 | 4795 |
| P05 | SLF-5 | 4036 |
| P05 | SLF-6 | 4002 |
| P05 | SLF-7 | 4036 |
| P05 | SLF-8 | 4001 |
| P05 | SLQP-1 | 4335 |
| P05 | SLQP-2 | 4306 |
| P06 | SLU-1 | 7941 |
| P06 | SLU-2 | 7881 |
| P06 | SLU-3 | 6351 |
| P06 | SLU-4 | 6292 |
| P06 | SLU-5 | 7693 |
| P06 | SLU-6 | 7633 |
| P06 | SLU-7 | 6103 |
| P06 | SLU-8 | 6044 |
| P06 | SLU-9 | 7680 |
| P06 | SLU-10 | 7621 |
| P06 | SLU-11 | 6091 |
| P06 | SLU-12 | 6031 |
| P06 | SLU-13 | 7494 |
| P06 | SLU-14 | 7435 |
| P06 | SLU-15 | 5905 |
| P06 | SLU-16 | 5845 |
| P06 | SLU-17 | 7651 |
| P06 | SLU-18 | 7591 |
| P06 | SLU-19 | 6062 |
| P06 | SLU-20 | 6002 |
| P06 | SLU-21 | 7465 |
| P06 | SLU-22 | 7405 |
| P06 | SLU-23 | 5876 |
| P06 | SLU-24 | 5816 |
| P06 | SLU-25 | 8181 |
| P06 | SLU-26 | 8121 |
| P06 | SLU-27 | 5532 |
| P06 | SLU-28 | 5472 |
| P06 | SLU-29 | 7995 |
| P06 | SLU-30 | 7935 |
| P06 | SLU-31 | 5346 |

| Joint | LoadCase | N |
|--------------|---------------------|-----------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P06 | SLU-32 | 5286 |
| P06 | SLU-33 | 7679 |
| P06 | SLU-34 | 7580 |
| P06 | SLU-35 | 6090 |
| P06 | SLU-36 | 5991 |
| P06 | SLU-37 | 7493 |
| P06 | SLU-38 | 7394 |
| P06 | SLU-39 | 5904 |
| P06 | SLU-40 | 5805 |
| P06 | SLV-1 | 4622 |
| P06 | SLV-2 | 4581 |
| P06 | SLV-3 | 5004 |
| P06 | SLV-4 | 4962 |
| P06 | SLV-5 | 4591 |
| P06 | SLV-6 | 4550 |
| P06 | SLR-1 | 5616 |
| P06 | SLR-2 | 5566 |
| P06 | SLR-3 | 4556 |
| P06 | SLR-4 | 4507 |
| P06 | SLR-5 | 4466 |
| P06 | SLR-6 | 4416 |
| P06 | SLR-7 | 3406 |
| P06 | SLR-8 | 3357 |
| P06 | SLF-1 | 5263 |
| P06 | SLF-2 | 5213 |
| P06 | SLF-3 | 4910 |
| P06 | SLF-4 | 4860 |
| P06 | SLF-5 | 4113 |
| P06 | SLF-6 | 4063 |
| P06 | SLF-7 | 3759 |
| P06 | SLF-8 | 3710 |
| P06 | SLQP-1 | 4436 |
| P06 | SLQP-2 | 4395 |
| P07 | SLU-1 | 4917 |
| P07 | SLU-2 | 4802 |
| P07 | SLU-3 | 6578 |
| P07 | SLU-4 | 6463 |
| P07 | SLU-5 | 4563 |
| P07 | SLU-6 | 4448 |
| P07 | SLU-7 | 6224 |
| P07 | SLU-8 | 6109 |
| P07 | SLU-9 | 4582 |
| P07 | SLU-10 | 4467 |
| P07 | SLU-11 | 6243 |
| P07 | SLU-12 | 6128 |
| P07 | SLU-13 | 4317 |
| P07 | SLU-14 | 4202 |
| P07 | SLU-15 | 5978 |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P07 | SLU-16 | 5863 |
| P07 | SLU-17 | 4790 |
| P07 | SLU-18 | 4675 |
| P07 | SLU-19 | 6451 |
| P07 | SLU-20 | 6336 |
| P07 | SLU-21 | 4525 |
| P07 | SLU-22 | 4410 |
| P07 | SLU-23 | 6186 |
| P07 | SLU-24 | 6071 |
| P07 | SLU-25 | 4237 |
| P07 | SLU-26 | 4122 |
| P07 | SLU-27 | 7005 |
| P07 | SLU-28 | 6890 |
| P07 | SLU-29 | 3971 |
| P07 | SLU-30 | 3856 |
| P07 | SLU-31 | 6739 |
| P07 | SLU-32 | 6624 |
| P07 | SLU-33 | 4777 |
| P07 | SLU-34 | 4586 |
| P07 | SLU-35 | 6438 |
| P07 | SLU-36 | 6247 |
| P07 | SLU-37 | 4512 |
| P07 | SLU-38 | 4320 |
| P07 | SLU-39 | 6173 |
| P07 | SLU-40 | 5981 |
| P07 | SLV-1 | 3179 |
| P07 | SLV-2 | 3099 |
| P07 | SLV-3 | 3132 |
| P07 | SLV-4 | 3052 |
| P07 | SLV-5 | 3510 |
| P07 | SLV-6 | 3430 |
| P07 | SLR-1 | 3620 |
| P07 | SLR-2 | 3524 |
| P07 | SLR-3 | 4727 |
| P07 | SLR-4 | 4631 |
| P07 | SLR-5 | 3253 |
| P07 | SLR-6 | 3157 |
| P07 | SLR-7 | 4360 |
| P07 | SLR-8 | 4264 |
| P07 | SLF-1 | 3989 |
| P07 | SLF-2 | 3893 |
| P07 | SLF-3 | 4358 |
| P07 | SLF-4 | 4262 |
| P07 | SLF-5 | 3622 |
| P07 | SLF-6 | 3526 |
| P07 | SLF-7 | 3991 |
| P07 | SLF-8 | 3895 |
| P07 | SLQP-1 | 3894 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 112 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P07 | SLQP-2 | 3815 |
| P08 | SLU-1 | 6121 |
| P08 | SLU-2 | 5988 |
| P08 | SLU-3 | 6195 |
| P08 | SLU-4 | 6062 |
| P08 | SLU-5 | 5859 |
| P08 | SLU-6 | 5727 |
| P08 | SLU-7 | 5933 |
| P08 | SLU-8 | 5800 |
| P08 | SLU-9 | 5747 |
| P08 | SLU-10 | 5614 |
| P08 | SLU-11 | 5820 |
| P08 | SLU-12 | 5687 |
| P08 | SLU-13 | 5550 |
| P08 | SLU-14 | 5418 |
| P08 | SLU-15 | 5624 |
| P08 | SLU-16 | 5491 |
| P08 | SLU-17 | 5926 |
| P08 | SLU-18 | 5793 |
| P08 | SLU-19 | 5999 |
| P08 | SLU-20 | 5866 |
| P08 | SLU-21 | 5729 |
| P08 | SLU-22 | 5597 |
| P08 | SLU-23 | 5803 |
| P08 | SLU-24 | 5670 |
| P08 | SLU-25 | 5901 |
| P08 | SLU-26 | 5768 |
| P08 | SLU-27 | 6024 |
| P08 | SLU-28 | 5891 |
| P08 | SLU-29 | 5705 |
| P08 | SLU-30 | 5572 |
| P08 | SLU-31 | 5828 |
| P08 | SLU-32 | 5695 |
| P08 | SLU-33 | 5924 |
| P08 | SLU-34 | 5702 |
| P08 | SLU-35 | 5998 |
| P08 | SLU-36 | 5776 |
| P08 | SLU-37 | 5728 |
| P08 | SLU-38 | 5506 |
| P08 | SLU-39 | 5801 |
| P08 | SLU-40 | 5580 |
| P08 | SLV-1 | 3480 |
| P08 | SLV-2 | 3388 |
| P08 | SLV-3 | 3814 |
| P08 | SLV-4 | 3722 |
| P08 | SLV-5 | 3806 |
| P08 | SLV-6 | 3713 |
| P08 | SLR-1 | 4405 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 113 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P08 | SLR-2 | 4294 |
| P08 | SLR-3 | 4454 |
| P08 | SLR-4 | 4344 |
| P08 | SLR-5 | 3682 |
| P08 | SLR-6 | 3571 |
| P08 | SLR-7 | 3731 |
| P08 | SLR-8 | 3621 |
| P08 | SLF-1 | 4422 |
| P08 | SLF-2 | 4311 |
| P08 | SLF-3 | 4438 |
| P08 | SLF-4 | 4327 |
| P08 | SLF-5 | 3699 |
| P08 | SLF-6 | 3588 |
| P08 | SLF-7 | 3715 |
| P08 | SLF-8 | 3604 |
| P08 | SLQP-1 | 3996 |
| P08 | SLQP-2 | 3904 |
| P09 | SLU-1 | 7325 |
| P09 | SLU-2 | 7174 |
| P09 | SLU-3 | 5811 |
| P09 | SLU-4 | 5661 |
| P09 | SLU-5 | 7156 |
| P09 | SLU-6 | 7005 |
| P09 | SLU-7 | 5642 |
| P09 | SLU-8 | 5492 |
| P09 | SLU-9 | 6911 |
| P09 | SLU-10 | 6760 |
| P09 | SLU-11 | 5397 |
| P09 | SLU-12 | 5247 |
| P09 | SLU-13 | 6784 |
| P09 | SLU-14 | 6633 |
| P09 | SLU-15 | 5270 |
| P09 | SLU-16 | 5120 |
| P09 | SLU-17 | 7061 |
| P09 | SLU-18 | 6910 |
| P09 | SLU-19 | 5547 |
| P09 | SLU-20 | 5397 |
| P09 | SLU-21 | 6934 |
| P09 | SLU-22 | 6783 |
| P09 | SLU-23 | 5420 |
| P09 | SLU-24 | 5270 |
| P09 | SLU-25 | 7565 |
| P09 | SLU-26 | 7415 |
| P09 | SLU-27 | 5043 |
| P09 | SLU-28 | 4892 |
| P09 | SLU-29 | 7439 |
| P09 | SLU-30 | 7288 |
| P09 | SLU-31 | 4916 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 114 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| Joint | LoadCase | N |
|-------|--------------|------|
| Pali | Combinazioni | KN |
| P09 | SLU-32 | 4765 |
| P09 | SLU-33 | 7070 |
| P09 | SLU-34 | 6819 |
| P09 | SLU-35 | 5557 |
| P09 | SLU-36 | 5306 |
| P09 | SLU-37 | 6944 |
| P09 | SLU-38 | 6693 |
| P09 | SLU-39 | 5430 |
| P09 | SLU-40 | 5179 |
| P09 | SLV-1 | 3781 |
| P09 | SLV-2 | 3677 |
| P09 | SLV-3 | 4496 |
| P09 | SLV-4 | 4391 |
| P09 | SLV-5 | 4101 |
| P09 | SLV-6 | 3997 |
| P09 | SLR-1 | 5190 |
| P09 | SLR-2 | 5065 |
| P09 | SLR-3 | 4181 |
| P09 | SLR-4 | 4056 |
| P09 | SLR-5 | 4111 |
| P09 | SLR-6 | 3986 |
| P09 | SLR-7 | 3102 |
| P09 | SLR-8 | 2977 |
| P09 | SLF-1 | 4854 |
| P09 | SLF-2 | 4729 |
| P09 | SLF-3 | 4518 |
| P09 | SLF-4 | 4392 |
| P09 | SLF-5 | 3775 |
| P09 | SLF-6 | 3649 |
| P09 | SLF-7 | 3438 |
| P09 | SLF-8 | 3313 |
| P09 | SLQP-1 | 4097 |
| P09 | SLQP-2 | 3993 |

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:

$$g_2 = 18.0 \times 1.0 = 18.0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{peso terreno}).$$

Nelle combinazioni di carico allo stato limite ultimo 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 allo stato limite di salvaguardia della vita ed allo stato limite di esercizio il coefficiente parziale è stato invece assunto di valore pari a 1.

9.2.2 Sollecitazioni

Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M_{11max} , M_{22max} , V_{13max} , V_{23max} ,) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a flessione e di quella a taglio.

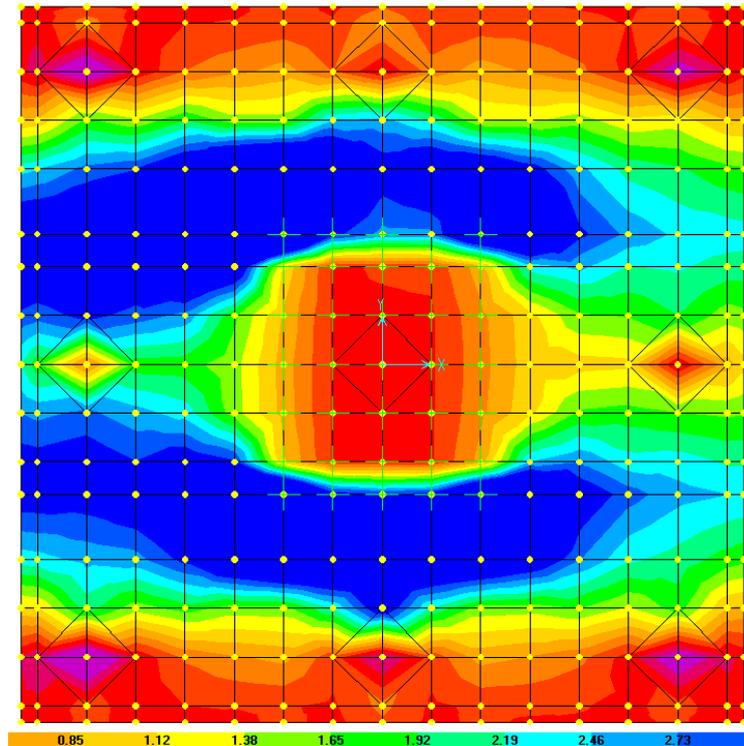


Figura 16: Momento longitudinale $M_{22}=M_y$

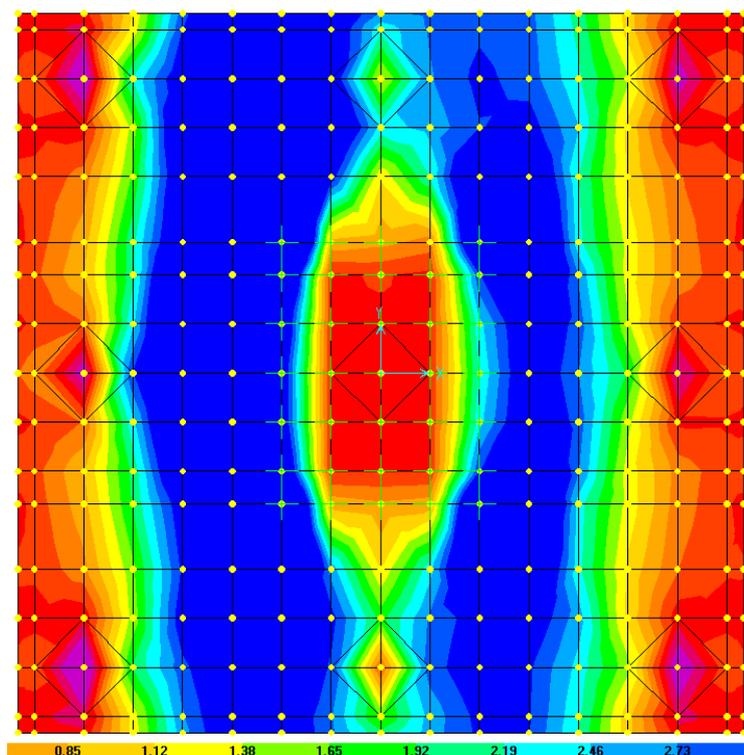


Figura 17: Momento trasversale $M_{11}=M_x$

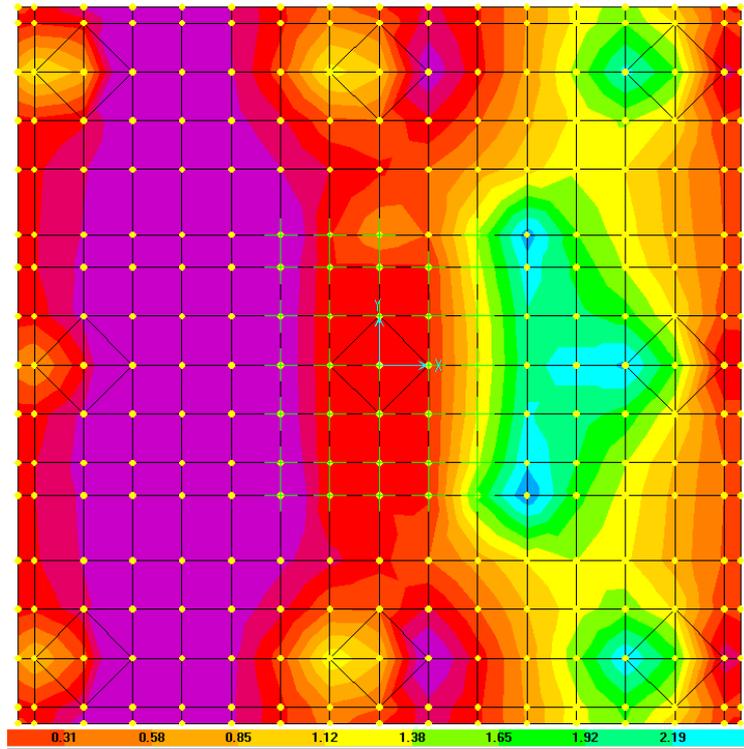


Figura 18: Taglio longitudinale $V_{13}=F_x$

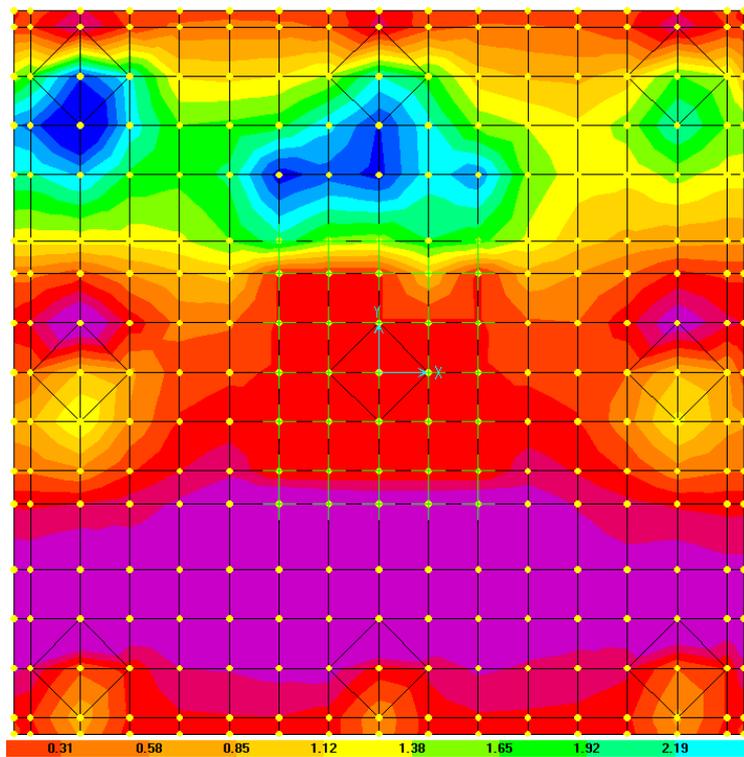


Figura 19: Taglio trasversale $V_{23}=F_x$

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 117 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

9.2.3 Verifica della sezione del plinto

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

Sulla base delle sollecitazioni ottenute allo S.L.U. è stata disposta l'armatura a flessione. Il momento ultimo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.. Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dell'armatura longitudinale disposta nelle due direzioni e dei momenti resistenti associati:

| | | | | | $A_{res,TOT}$ | M_{Sd}^{sup} | M_{Rd}^{sup} | FS | | | | | |
|-------------------------------------|----|---|----|---|--------------------|--------------------|--------------------|------|------|------|------|----|--------------------------------|
| | | | | | [cm ²] | [cm ²] | [cm ²] | | | | | | |
| Momento trasversale M22=My | | | | | | | | | | | | | |
| Arm-inf | 10 | Φ | 26 | + | 5 | Φ | 22 | 72.1 | 6400 | 6723 | 1.05 | OK | momento trasversale My+=M22 |
| Arm-sup | 5 | Φ | 20 | + | 0 | Φ | 0 | 15.7 | 200 | 1489 | 7.45 | OK | momento trasversale My-=M22- |
| Momento longitudinale M11=Mx | | | | | | | | | | | | | |
| Arm-inf | 10 | Φ | 24 | + | 10 | Φ | 22 | 83.3 | 7500 | 7724 | 1.03 | OK | momento longitudinale Mx+=M11+ |
| Arm-sup | 5 | Φ | 20 | + | 0 | Φ | 0 | 15.7 | 250 | 1489 | 5.96 | OK | momento longitudinale Mx-=M11- |

9.2.3.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si è ritenuto opportuno disporre due cavallotti al metro quadro come armatura resistente a taglio. Considerando una striscia di un metro, 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

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

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

dove:

d : altezza utile della sezione

b_w : 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

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 118 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | plinto P03 | plinto P03 | | |
|--|---|------------|------------|-----------------|---|
| Sollecitazioni | = | V13max | V23max | | |
| V | = | 3650 | 3780 | kN | taglio |
| N | = | 0 | 0 | kN | sforzamento 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} | = | 35.0 | 35.0 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f _{ck} | = | 29.1 | 29.1 | 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} | = | 16.5 | 16.5 | 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 _{sl} | = | 9896.0 | 8780.0 | mm ² | armatura longitudinale |
| ρ _l | = | 0.00396 | 0.00351 | | rapporto geometrico di armatura longitudinale |
| k | = | 1.3 | 1.3 | | |
| v _{min} | = | 0.3 | 0.3 | | |
| σ _{cp} | = | 0.0 | 0.0 | MPa | tensione media calcestruzzo |
| σ _{cp,ad} | = | 0.0 | 0.0 | MPa | tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd}) |
| V _{Rd} | = | 853.2 | 819.8 | kN | taglio resistente |
| FS | = | 0.2 | 0.2 | | |
| 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) | = | 12.3 | 11.9 | | |
| 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} | = | 8.23 | 8.23 | MPa | resistenza ridotta |
| V _{Rcd} | = | 12963.6 | 12963.6 | kN | taglio resistente calcestruzzo |
| V _{Rd} | = | 3903.3 | 3903.3 | kN | taglio resistente sezione |
| FS | = | 1.07 | 1.03 | | |
| check | = | 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 119 di 128 |
| | Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

9.2.3.3 S.L.E. – Fessurazione

Le verifiche di fessurazione vengono condotte in relazione alle indicazioni riportate negli Eurocodici (in particolare si veda EN 1992-1-1 cap. 7.3) e riprese sia dalle NTC (cap. 4.1.2.2.4) che dalla Circolare n.617. È richiesto in particolare, laddove il momento agente superi quello di fessurazione, di verificare che la tensione nelle barre di armatura rientri in determinati limiti (dipendenti dal diametro e dalla spaziatura dei ferri) o in alternativa di controllare che l'ampiezza della fessura che si apre non superi un determinato valore (funzione dello stato limite, delle condizioni ambientali e del tipo di armatura).

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali aggressive (classe di esposizione XA1).

Condizioni ambientali: **aggressive**

Armature: **poco sensibili**

Momento trasversale M22=My

| | | |
|--------|------|-----|
| Comb | inf | sup |
| SLE-F | 3590 | 200 |
| SLE-QP | 2860 | 160 |

Momento longitudinale M11=Mx

| | | |
|--------|------|-----|
| Comb | inf | sup |
| SLE-F | 4130 | 100 |
| SLE-QP | 3500 | 120 |

| | | comb. | | comb. | | | |
|------------------|---|------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----|---|
| | | FREQUENTE | | FREQUENTE | | | |
| | | Momento longitudinale M11=Mx | Momento trasversale M22=My | Momento longitudinale M11=Mx | Momento trasversale M22=My | | |
| MATERIALI | | inf | sup | inf | sup | | |
| Calcestruzzo | | | | | | | |
| R _{ck} | = | 35 | 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f _{ck} | = | 29.05 | 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f _{cm} | = | 37.05 | 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f _{ctm} | = | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f _{ctk} | = | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f _{ctm} | = | 3.40 | 3.40 | 3.40 | 3.40 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| γ _c | = | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α _{cc} | = | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f _{cd} | = | 16.46 | 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f _{ctd} | = | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| E _c | = | 32588 | 32588 | 32588 | 32588 | MPa | modulo di Young |
| Acciaio | | | | | | | |
| E _s | = | 206000 | 206000 | 206000 | 206000 | MPa | modulo di Young acciaio |
| γ _s | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente parziale 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 |
| n | = | 15 | 15 | 15 | 15 | | coefficiente di omogeneizzazione |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 120 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

GEOMETRIA SEZIONE

| | | | | | | | |
|----|---|------|------|------|------|----|------------|
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm | larghezza |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm | altezza |
| c' | = | 40 | 40 | 40 | 40 | mm | copriferro |

ARMATURA

numero barre

| | | | | | | | |
|----------------|---|----|----|----|----|--|-----------------------|
| n1 (superiore) | = | 5 | 10 | 5 | 10 | | numero barre strato 1 |
| n2 | = | | 5 | | 5 | | numero barre strato 2 |
| n3 | = | | | | | | numero barre strato 3 |
| n4 | = | | | | | | numero barre strato 4 |
| n5 | = | | | | | | numero barre strato 5 |
| n6 | = | | | | | | numero barre strato 6 |
| n7 | = | 5 | | 5 | | | numero barre strato 7 |
| n8 (inferiore) | = | 10 | 5 | 10 | 5 | | numero barre strato 8 |

diametro barre

| | | | | | | | |
|----|---|----|----|----|----|----|-------------------------|
| Ø1 | = | 20 | 24 | 20 | 26 | mm | diametro barre strato 1 |
| Ø2 | = | | 22 | | 22 | mm | diametro barra strato 2 |
| Ø3 | = | | | | | mm | diametro barra strato 3 |
| Ø4 | = | | | | | mm | diametro barra strato 4 |
| Ø5 | = | | | | | mm | diametro barra strato 5 |
| Ø6 | = | | | | | mm | diametro barra strato 6 |
| Ø7 | = | 22 | | 22 | | mm | diametro barra strato 7 |
| Ø8 | = | 24 | 20 | 26 | 20 | mm | diametro barra strato 8 |

ordinate barre

| | | | | | | | |
|----|---|------|------|------|------|----|-------------------------|
| y1 | = | 2460 | 2460 | 2460 | 2460 | mm | ordinata barre strato 1 |
| y2 | = | | 2430 | | 2430 | mm | ordinata barre strato 2 |
| y3 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 3 |
| y4 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 4 |
| y5 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 5 |
| y6 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 6 |
| y7 | = | 70 | | 70 | | mm | ordinata barre strato 7 |
| y8 | = | 40 | 40 | 40 | 40 | mm | ordinata barre strato 8 |

area barre

| | | | | | | | |
|-----------------|---|------|------|------|------|-----------------|--|
| A _{s1} | = | 1571 | 4524 | 1571 | 5309 | mm ² | area barre strato 1 |
| A _{s2} | = | 0 | 1901 | 0 | 1901 | mm ² | area barre strato 2 |
| A _{s3} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 3 |
| A _{s4} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 4 |
| A _{s5} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 5 |
| A _{s6} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 6 |
| A _{s7} | = | 1901 | 0 | 1901 | 0 | mm ² | area barre strato 7 |
| A _{s8} | = | 4524 | 1571 | 5309 | 1571 | mm ² | area barre strato 8 |
| SOLLECITAZIONI | | M11+ | M11- | M22+ | M22- | | da sap |
| M | = | 4130 | 100 | 3590 | 200 | kNm | momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori) |
| N | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN | sforzo normale (>0 compressione) |

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

| | | | | | | | |
|----------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----|---|
| cs | = | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| cs | = | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | | |
| an | = | 579.1 | 253.9 | 609.7 | 247.3 | mm | asse neutro (distanza da lembo compresso) |
| Y _n | = | 1921 | 2246 | 1890 | 2253 | mm | ordinata asse neutro |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 121 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | | | | |
|------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|------------------------------------|
| A | = | 699064 | 373802 | 741362 | 378992 | mm ² | area sezione reagente |
| J | = | 409321520049 | 124197921763 | 450317644668 | 124720238804 | mm ⁴ | momento d'inerzia sezione reagente |
| S | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ³ | momento statico sezione reagente |
| σ_c | = | -5.84 | -0.20 | -4.86 | -0.40 | MPa | tensione calcestruzzo |
| σ_s | = | 284.67 | 26.64 | 221.27 | 53.22 | MPa | tensione massima acciaio |

VERIFICA A FESSURAZIONE

sezione tesa

| | | | | | | | |
|----------------------|---|----------|--------|----------|--------|-----------------|--|
| M_{fess} | = | 2859.6 | 2711.2 | 2903.7 | 2729.9 | kNm | momento di fessurazione |
| $FS=M_{fess}/M_{sd}$ | = | 0.7 | 27.1 | 0.8 | 13.6 | | check ok se >1 |
| α_e | = | 6.321 | ---- | 6.321 | ---- | MPa | rapporto tra i moduli elastici |
| d | = | 2451 | ---- | 2452 | ---- | mm | altezza utile della sezione |
| $h_{c,eff}$ | = | 122 | ---- | 120 | ---- | mm | altezza area efficace calcestruzzo teso |
| $A_{c,eff}$ | = | 122188 | ---- | 119771 | ---- | mm ² | area efficace calcestruzzo teso |
| A_s | = | 6425 | ---- | 7210 | ---- | mm ² | area di armatura tesa |
| ρ_{eff} | = | 0.0526 | ---- | 0.0602 | ---- | | |
| k_t | = | 0.4 | ---- | 0.4 | ---- | | (=0.6 per carichi di breve durata; =0.4 per carichi di lunga durata) |
| ϵ_{sm} | = | 0.00124 | ---- | 0.00095 | ---- | | deformazione unitaria media delle barre |
| \emptyset | = | 23 | ---- | 25 | ---- | | diametro equivalente delle barre tese |
| k_1 | = | 0.8 | ---- | 0.8 | ---- | | (=0.8 per barre ad aderenza migliorata; =1.6 per barre lisce) |
| ϵ_1 | = | 0.000595 | ---- | 0.000462 | ---- | | deformazione massima di trazione |
| ϵ_2 | = | 0.0 | ---- | 0.0 | ---- | | deformazione minima di trazione |
| k_2 | = | 0.5 | ---- | 0.5 | ---- | | fattore di forma diagramma delle deformazioni |
| k_3 | = | 3.4 | ---- | 3.4 | ---- | | (posto dalle NTC pari a 3.4) |
| k_4 | = | 0.425 | ---- | 0.425 | ---- | | (posto dalle NTC pari a 0.425) |
| c | = | 28 | ---- | 27 | ---- | mm | ricoprimento armatura |
| s | = | 100 | ---- | 100 | ---- | mm | distanza tra le barre |
| $\Delta_{s,max}$ | = | 170.8 | ---- | 161.9 | ---- | mm | distanza massima tra le fessure |
| w_d | = | 0.212 | ---- | 0.153 | ---- | mm | apertura di calcolo delle fessure |
| w_{max} | = | 0.30 | ---- | 0.30 | ---- | mm | valore limite ampiezza fessure |
| FS | = | 1.41 | ---- | 1.96 | ---- | | check ok se >1 |
| | | ok | ---- | ok | ---- | | |

| | | comb. | comb. | comb. | comb. | |
|--------------|---|------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|---|
| | | QUASI PERM. | QUASI PERM. | QUASI PERM. | QUASI PERM. | |
| | | Momento longitudinale M11=MX | | Momento trasversale M22=My | | |
| MATERIALI | | inf | sup | inf | sup | |
| Calcestruzzo | | | | | | |
| R_{ck} | = | 35 | 35 | 35 | 35 | MPa resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 29.05 | 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{cm} | = | 37.05 | 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | MPa resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | MPa resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{ctm} | = | 3.40 | 3.40 | 3.40 | 3.40 | MPa resistenza media a trazione per flessione |
| γ_c | = | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 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 Busita II | |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx | |
| | Pagina 122 di 128 | |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc | |

| | | | | | | |
|---------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---|
| α_{cc} | = | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.46 | 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | MPa resistenza di calcolo a trazione |
| E_c | = | 32588 | 32588 | 32588 | 32588 | MPa modulo di Young |
| Acciaio | | | | | | |
| E_s | = | 206000 | 206000 | 206000 | 206000 | MPa modulo di Young acciaio |
| γ_s | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | coefficiente parziale 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 |
| n | = | 15 | 15 | 15 | 15 | coefficiente di omogeneizzazione |

GEOMETRIA SEZIONE

| | | | | | | |
|----|---|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm larghezza |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm altezza |
| c' | = | 40 | 40 | 40 | 40 | mm copriferro |

ARMATURA

numero barre

| | | | | | | |
|----------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| n1 (superiore) | = | 5 | 10 | 5 | 10 | numero barre strato 1 |
| n2 | = | | 5 | | 5 | numero barre strato 2 |
| n3 | = | | | | | numero barre strato 3 |
| n4 | = | | | | | numero barre strato 4 |
| n5 | = | | | | | numero barre strato 5 |
| n6 | = | | | | | numero barre strato 6 |
| n7 | = | 5 | | 5 | | numero barre strato 7 |
| n8 (inferiore) | = | 10 | 5 | 10 | 5 | numero barre strato 8 |

diametro barre

| | | | | | | |
|---------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| $\emptyset 1$ | = | 20 | 24 | 20 | 26 | mm diametro barre strato 1 |
| $\emptyset 2$ | = | | 22 | | 22 | mm diametro barra strato 2 |
| $\emptyset 3$ | = | | | | | mm diametro barra strato 3 |
| $\emptyset 4$ | = | | | | | mm diametro barra strato 4 |
| $\emptyset 5$ | = | | | | | mm diametro barra strato 5 |
| $\emptyset 6$ | = | | | | | mm diametro barra strato 6 |
| $\emptyset 7$ | = | 22 | | 22 | | mm diametro barra strato 7 |
| $\emptyset 8$ | = | 24 | 20 | 26 | 20 | mm diametro barra strato 8 |

ordinate barre

| | | | | | | |
|----|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| y1 | = | 2460 | 2460 | 2460 | 2460 | mm ordinata barre strato 1 |
| y2 | = | | 2430 | | 2430 | mm ordinata barre strato 2 |
| y3 | = | | | | | mm ordinata barre strato 3 |
| y4 | = | | | | | mm ordinata barre strato 4 |
| y5 | = | | | | | mm ordinata barre strato 5 |
| y6 | = | | | | | mm ordinata barre strato 6 |
| y7 | = | 70 | | 70 | | mm ordinata barre strato 7 |
| y8 | = | 40 | 40 | 40 | 40 | mm ordinata barre strato 8 |

area barre

| | | | | | | |
|----------|---|------|------|------|------|-------------------------------------|
| A_{s1} | = | 1571 | 4524 | 1571 | 5309 | mm ² area barre strato 1 |
| A_{s2} | = | 0 | 1901 | 0 | 1901 | mm ² area barre strato 2 |
| A_{s3} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 3 |
| A_{s4} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 4 |
| A_{s5} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 5 |

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 123 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--|
| A ₆ | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 6 |
| A ₇ | = | 1901 | 0 | 1901 | 0 | mm ² | area barre strato 7 |
| A ₈ | = | 4524 | 1571 | 5309 | 1571 | mm ² | area barre strato 8 |
| SOLLECITAZIONI | | M11+ | M11- | M22+ | M22- | | da sap |
| M | = | 3500 | 120 | 2860 | 160 | kNm | momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori) |
| N | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN | sforzo normale (>0 compressione) |
| VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI | | | | | | | |
| cs | = | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| cs | = | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | | |
| an | = | 579.1 | 253.9 | 609.7 | 247.3 | mm | asse neutro (distanza da lembo compresso) |
| Y _n | = | 1921 | 2246 | 1890 | 2253 | mm | ordinata asse neutro |
| A | = | 699064 | 373802 | 741362 | 378992 | mm ² | area sezione reagente |
| J | = | 409321520049 | 124197921763 | 450317644668 | 124720238804 | mm ⁴ | momento d'inerzia sezione reagente |
| S | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ³ | momento statico sezione reagente |
| σ _c | = | -4.95 | -0.25 | -3.87 | -0.32 | MPa | tensione calcestruzzo |
| σ _s | = | 241.24 | 31.97 | 176.28 | 42.58 | MPa | tensione massima acciaio |
| VERIFICA A FESSURAZIONE | | | | | | | |
| sezione tesa | | | | | | | |
| M _{fess} | = | 2859.6 | 2711.2 | 2903.7 | 2729.9 | kNm | momento di fessurazione |
| FS=M _{fess} /M _{sd} | = | 0.8 | 22.6 | 1.0 | 17.1 | | check ok se >1 |
| α _e | = | 6.321 | ---- | ---- | ---- | MPa | rapporto tra i moduli elastici |
| d | = | 2451 | ---- | ---- | ---- | mm | altezza utile della sezione |
| h _{c,eff} | = | 122 | ---- | ---- | ---- | mm | altezza area efficace calcestruzzo teso |
| A _{c,eff} | = | 122188 | ---- | ---- | ---- | mm ² | area efficace calcestruzzo teso |
| A _s | = | 6425 | ---- | ---- | ---- | mm ² | area di armatura tesa |
| ρ _{eff} | = | 0.0526 | ---- | ---- | ---- | | |
| k _t | = | 0.4 | ---- | ---- | ---- | | (=0.6 per carichi di breve durata; =0.4 per carichi di lunga durata) |
| ε _{sm} | = | 0.00103 | ---- | ---- | ---- | | deformazione unitaria media delle barre |
| Ø | = | 23 | ---- | ---- | ---- | | diametro equivalente delle barre tese |
| k ₁ | = | 0.8 | ---- | ---- | ---- | | (=0.8 per barre ad aderenza migliorata; =1.6 per barre lisce) |
| ε ₁ | = | 0.000504 | ---- | ---- | ---- | | deformazione massima di trazione |
| ε ₂ | = | 0.0 | ---- | ---- | ---- | | deformazione minima di trazione |
| k ₂ | = | 0.5 | ---- | ---- | ---- | | fattore di forma diagramma delle deformazioni |
| k ₃ | = | 3.4 | ---- | ---- | ---- | | (posto dalle NTC pari a 3.4) |
| k ₄ | = | 0.425 | ---- | ---- | ---- | | (posto dalle NTC pari a 0.425) |
| c | = | 28 | ---- | ---- | ---- | mm | ricoprimento armatura |
| s | = | 100 | ---- | ---- | ---- | mm | distanza tra le barre |
| Δ _{s,max} | = | 170.8 | ---- | ---- | ---- | mm | distanza massima tra le fessure |
| w _d | = | 0.176 | ---- | ---- | ---- | mm | apertura di calcolo delle fessure |
| w _{max} | = | 0.20 | ---- | ---- | ---- | mm | valore limite ampiezza fessure |
| FS | = | 1.14 | ---- | ---- | ---- | | check ok se >1 |
| | | ok | ---- | ---- | ---- | | |

Tutte le verifiche risultano soddisfatte, in quanto nei casi dove il momento di fessurazione è minore del momento agente l'ampiezza delle fessure rientra nei limiti normativi.

| | |
|--|--|
| 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 Busita II |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx |
| | Pagina 124 di 128 |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc |

9.2.3.4 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).

Momento trasversale M22=My

| | | |
|--------|------|-----|
| Comb | inf | sup |
| SLE-R | 3800 | 130 |
| SLE-QP | 2860 | 160 |

Momento longitudinale M11=Mx

| | | |
|--------|------|-----|
| Comb | inf | sup |
| SLE-R | 4300 | 150 |
| SLE-QP | 3500 | 120 |

| | | comb. Rara | comb. Rara | comb. Rara | comb. Rara | |
|--------------------------|---|------------------------------|---------------|----------------------------|---------------|---|
| | | Momento longitudinale M11=Mx | | Momento trasversale M22=My | | |
| | | inf | sup | inf | sup | |
| MATERIALI | | | | | | |
| Calcestruzzo | | | | | | |
| R_{ck} | = | 35 | 35 | 35 | 35 | MPa resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 29.05 | 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{cm} | = | 37.05 | 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | MPa resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | MPa resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{ctm} | = | 3.40 | 3.40 | 3.40 | 3.40 | MPa resistenza media a trazione per flessione |
| γ_c | = | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.46 | 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | MPa resistenza di calcolo a trazione |
| E_c | = | 32588 | 32588 | 32588 | 32588 | MPa modulo di Young |
| Acciaio | | | | | | |
| E_s | = | 206000 | 206000 | 206000 | 206000 | MPa modulo di Young acciaio |
| γ_s | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | coefficiente parziale 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 |
| n | = | 15 | 15 | 15 | 15 | coefficiente di omogeneizzazione |
| GEOMETRIA SEZIONE | | | | | | |
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm larghezza |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm altezza |
| c' | = | 40 | 40 | 40 | 40 | mm copriferro |
| ARMATURA | | | | | | |
| numero barre | | | | | | |
| $n1$ (superiore) | = | 5 | 10 | 5 | 10 | numero barre strato 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 Busita II | |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx | |
| | Pagina 125 di 128 | |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc | |

| | | | | | | |
|---|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| n2 | = | | 10 | 10 | | numero barre strato 2 |
| n3 | = | | | | | numero barre strato 3 |
| n4 | = | | | | | numero barre strato 4 |
| n5 | = | | | | | numero barre strato 5 |
| n6 | = | | | | | numero barre strato 6 |
| n7 | = | 10 | | 10 | | numero barre strato 7 |
| n8 (inferiore) | = | 10 | 5 | 10 | 5 | numero barre strato 8 |
| diametro barre | | | | | | |
| Ø1 | = | 20 | 24 | 20 | 26 | mm diametro barre strato 1 |
| Ø2 | = | | 22 | | 22 | mm diametro barra strato 2 |
| Ø3 | = | | | | | mm diametro barra strato 3 |
| Ø4 | = | | | | | mm diametro barra strato 4 |
| Ø5 | = | | | | | mm diametro barra strato 5 |
| Ø6 | = | | | | | mm diametro barra strato 6 |
| Ø7 | = | 22 | | 22 | | mm diametro barra strato 7 |
| Ø8 | = | 24 | 20 | 26 | 20 | mm diametro barra strato 8 |
| ordinate barre | | | | | | |
| y1 | = | 2460 | 2460 | 2460 | 2460 | mm ordinata barre strato 1 |
| y2 | = | | 2430 | | 2430 | mm ordinata barre strato 2 |
| y3 | = | | | | | mm ordinata barre strato 3 |
| y4 | = | | | | | mm ordinata barre strato 4 |
| y5 | = | | | | | mm ordinata barre strato 5 |
| y6 | = | | | | | mm ordinata barre strato 6 |
| y7 | = | 70 | | 70 | | mm ordinata barre strato 7 |
| y8 | = | 40 | 40 | 40 | 40 | mm ordinata barre strato 8 |
| area barre | | | | | | |
| A _{s1} | = | 1571 | 4524 | 1571 | 5309 | mm ² area barre strato 1 |
| A _{s2} | = | 0 | 3801 | 0 | 3801 | mm ² area barre strato 2 |
| A _{s3} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 3 |
| A _{s4} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 4 |
| A _{s5} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 5 |
| A _{s6} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² area barre strato 6 |
| A _{s7} | = | 3801 | 0 | 3801 | 0 | mm ² area barre strato 7 |
| A _{s8} | = | 4524 | 1571 | 5309 | 1571 | mm ² area barre strato 8 |
| SOLLECITAZIONI M11+ M11- M22+ M22- da sap | | | | | | |
| M | = | 4300 | 150 | 3800 | 130 | kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori) |
| N | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN sforzo normale (>0 compressione) |
| VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI | | | | | | |
| cs | = | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| cs | = | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | |
| an | = | 648.4 | 240.6 | 674.3 | 234.7 | mm asse neutro (distanza da lembo compresso) |
| Y _n | = | 1852 | 2259 | 1826 | 2265 | mm ordinata asse neutro |
| A | = | 796806 | 389064 | 834565 | 394904 | mm ² area sezione reagente |
| J | = | 503279717221 | 125092749358 | 541387732140 | 125552926329 | mm ⁴ momento d'inerzia sezione reagente |
| S | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ³ momento statico sezione reagente |
| Verifica tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio | | | | | | |
| σ _c | = | -5.54 | -0.29 | -4.73 | -0.24 | MPa tensione calcestruzzo |
| σ _{c,max} | = | -17.43 | -17.43 | -17.43 | -17.43 | MPa massima tensione del cls da normativa |
| FS | = | 3.15 | 60.41 | 3.68 | 71.73 | check ok se >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 Busita II | |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx | |
| | Pagina 126 di 128 | |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc | |

Verifica tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

| | | | | | | | |
|------------------|---|--------|--------|--------|--------|-----|---|
| σ_s | = | 232.18 | 39.92 | 188.00 | 34.56 | MPa | tensione massima acciaio |
| $\sigma_{s,max}$ | = | 360.00 | 360.00 | 360.00 | 360.00 | MPa | massima tensione dell'acciaio normativa |
| FS | | 1.55 | 9.02 | 1.91 | 10.42 | | check ok se >1 |

| | | comb. | | comb. | | | |
|--------------------------|---|------------------------------|--------|----------------------------|--------|-----|---|
| | | Quasi Perm. | | Quasi Perm. | | | |
| | | Momento longitudinale M11=MX | | Momento trasversale M22=My | | | |
| MATERIALI | | inf | sup | inf | sup | | |
| Calcestruzzo | | | | | | | |
| R_{ck} | = | 35 | 35 | 35 | 35 | MPa | resistenza caratteristica cubica |
| f_{ck} | = | 29.05 | 29.05 | 29.05 | 29.05 | MPa | resistenza caratteristica cilindrica |
| f_{cm} | = | 37.05 | 37.05 | 37.05 | 37.05 | MPa | resistenza cilindrica media |
| f_{ctm} | = | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | MPa | resistenza media a trazione semplice |
| f_{ctk} | = | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | MPa | resistenza caratteristica a trazione semplice |
| f_{ctm} | = | 3.40 | 3.40 | 3.40 | 3.40 | MPa | resistenza media a trazione per flessione |
| γ_c | = | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | | coefficiente parziale di sicurezza |
| α_{cc} | = | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | | coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata |
| f_{cd} | = | 16.46 | 16.46 | 16.46 | 16.46 | MPa | resistenza di calcolo a compressione |
| f_{ctd} | = | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | MPa | resistenza di calcolo a trazione |
| E_c | = | 32588 | 32588 | 32588 | 32588 | MPa | modulo di Young |
| Acciaio | | | | | | | |
| E_s | = | 206000 | 206000 | 206000 | 206000 | MPa | modulo di Young acciaio |
| γ_s | = | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | | coefficiente parziale 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 |
| n | = | 15 | 15 | 15 | 15 | | coefficiente di omogeneizzazione |
| GEOMETRIA SEZIONE | | | | | | | |
| B | = | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | mm | larghezza |
| H | = | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | mm | altezza |
| c' | = | 40 | 40 | 40 | 40 | mm | copriferro |
| ARMATURA | | | | | | | |
| numero barre | | | | | | | |
| n1 (superiore) | = | 5 | 10 | 5 | 10 | | numero barre strato 1 |
| n2 | = | | 10 | | 10 | | numero barre strato 2 |
| n3 | = | | | | | | numero barre strato 3 |
| n4 | = | | | | | | numero barre strato 4 |
| n5 | = | | | | | | numero barre strato 5 |
| n6 | = | | | | | | numero barre strato 6 |
| n7 | = | 10 | | 10 | | | numero barre strato 7 |
| n8 (inferiore) | = | 10 | 5 | 10 | 5 | | numero barre strato 8 |
| diametro barre | | | | | | | |
| Ø1 | = | 20 | 24 | 20 | 26 | mm | diametro barre strato 1 |
| Ø2 | = | | 22 | | 22 | mm | diametro barra strato 2 |
| Ø3 | = | | | | | mm | diametro barra strato 3 |
| Ø4 | = | | | | | mm | diametro barra strato 4 |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| 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 Busita II | | | |
| | Relazione di Calcolo Pile_carr_dx | | | |
| | Pagina 127 di 128 | | | |
| | Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--|
| Ø5 | = | | | | | mm | diametro barra strato 5 |
| Ø6 | = | | | | | mm | diametro barra strato 6 |
| Ø7 | = | 22 | | 22 | | mm | diametro barra strato 7 |
| Ø8 | = | 24 | 20 | 26 | 20 | mm | diametro barra strato 8 |
| ordinate barre | | | | | | | |
| y1 | = | 2460 | 2460 | 2460 | 2460 | mm | ordinata barre strato 1 |
| y2 | = | | 2430 | | 2430 | mm | ordinata barre strato 2 |
| y3 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 3 |
| y4 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 4 |
| y5 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 5 |
| y6 | = | | | | | mm | ordinata barre strato 6 |
| y7 | = | 70 | | 70 | | mm | ordinata barre strato 7 |
| y8 | = | 40 | 40 | 40 | 40 | mm | ordinata barre strato 8 |
| area barre | | | | | | | |
| A _{s1} | = | 1571 | 4524 | 1571 | 5309 | mm ² | area barre strato 1 |
| A _{s2} | = | 0 | 3801 | 0 | 3801 | mm ² | area barre strato 2 |
| A _{s3} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 3 |
| A _{s4} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 4 |
| A _{s5} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 5 |
| A _{s6} | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ² | area barre strato 6 |
| A _{s7} | = | 3801 | 0 | 3801 | 0 | mm ² | area barre strato 7 |
| A _{s8} | = | 4524 | 1571 | 5309 | 1571 | mm ² | area barre strato 8 |
| SOLLECITAZIONI | | M11+ | M11- | M22+ | M22- | | da sap |
| M | = | 3500 | 120 | 2860 | 160 | kNm | momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori) |
| N | = | 0 | 0 | 0 | 0 | kN | sforzo normale (>0 compressione) |
| VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI | | | | | | | |
| cs | = | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| cs | = | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | flessione semplice | | |
| an | = | 648.4 | 240.6 | 674.3 | 234.7 | mm | asse neutro (distanza da lembo compresso) |
| Y _n | = | 1852 | 2259 | 1826 | 2265 | mm | ordinata asse neutro |
| A | = | 796806 | 389064 | 834565 | 394904 | mm ² | area sezione reagente |
| J | = | 503279717221 | 125092749358 | 541387732140 | 125552926329 | mm ⁴ | momento d'inerzia sezione reagente |
| S | = | 0 | 0 | 0 | 0 | mm ³ | momento statico sezione reagente |
| Verifica tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio | | | | | | | |
| σ _c | = | -4.51 | -0.23 | -3.56 | -0.30 | MPa | tensione calcestruzzo |
| σ _{c,max} | = | -13.07 | -13.07 | -13.07 | -13.07 | MPa | massima tensione del cls da normativa |
| FS | = | 2.90 | 56.63 | 3.67 | 43.71 | | check ok se >1 |