

# 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 1 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>3</b>
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
<b>2</b>	<b>ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO</b>	<b>9</b>
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 (<math>\varepsilon_2</math>)</i>	11
2.2.4	<i>Effetti della temperatura (<math>\varepsilon_3</math>)</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
<b>3</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>	<b>18</b>
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
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE</b>	<b>36</b>
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
<b>5</b>	<b>EFFETTI DEL SECONDO ORDINE</b>	<b>47</b>
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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 2 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

<b>6</b>	<b>VERIFICA DEL PULVINO .....</b>	<b>61</b>
6.1	VERIFICA BAGGIOLI .....	62
<b>7</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>64</b>
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
<b>8</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI .....</b>	<b>75</b>
<b>9</b>	<b>ANALISI DEI PLINTI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>78</b>
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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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-clc 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.

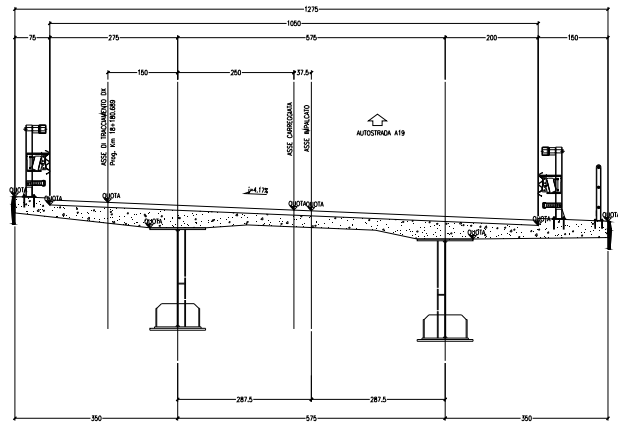
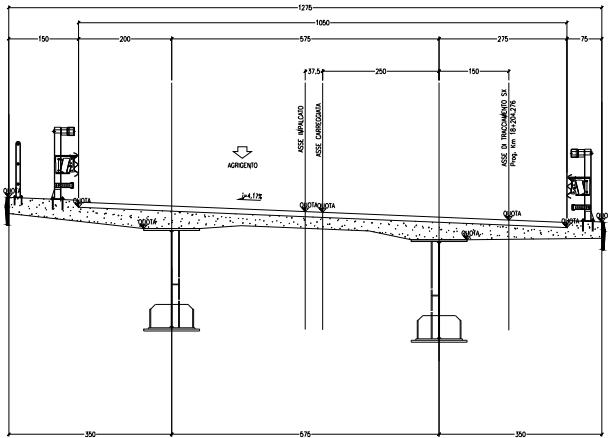
I traversi sono ad anima piena con sezione trasversale a doppia "T".

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

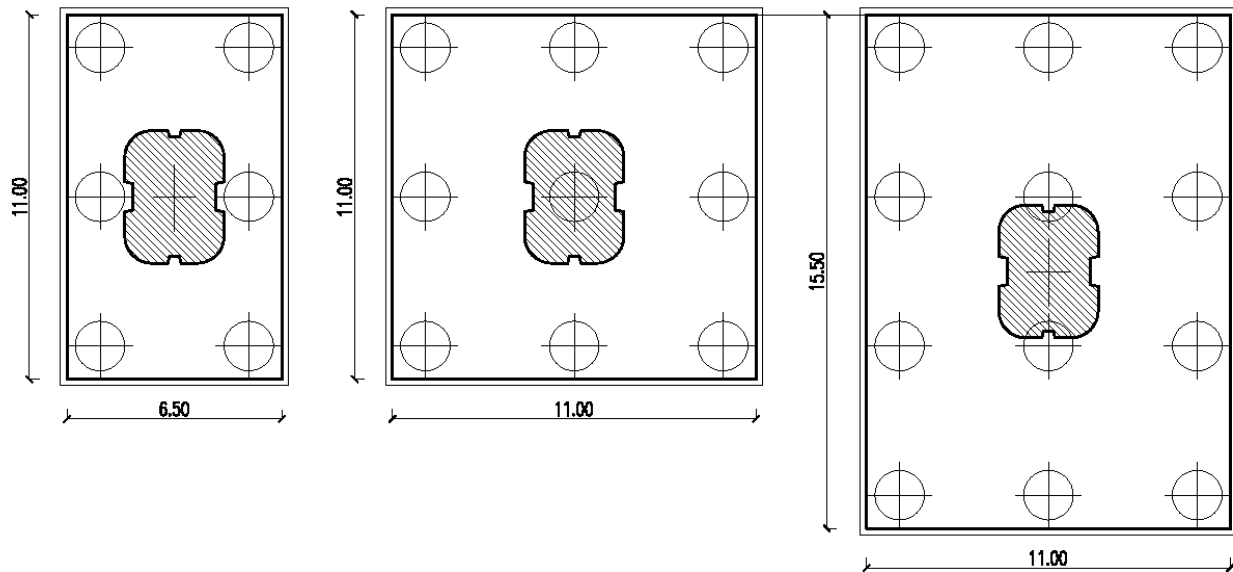
Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro (D=1500mm). In particolare le palificate della carreggiata destra è così composta:

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

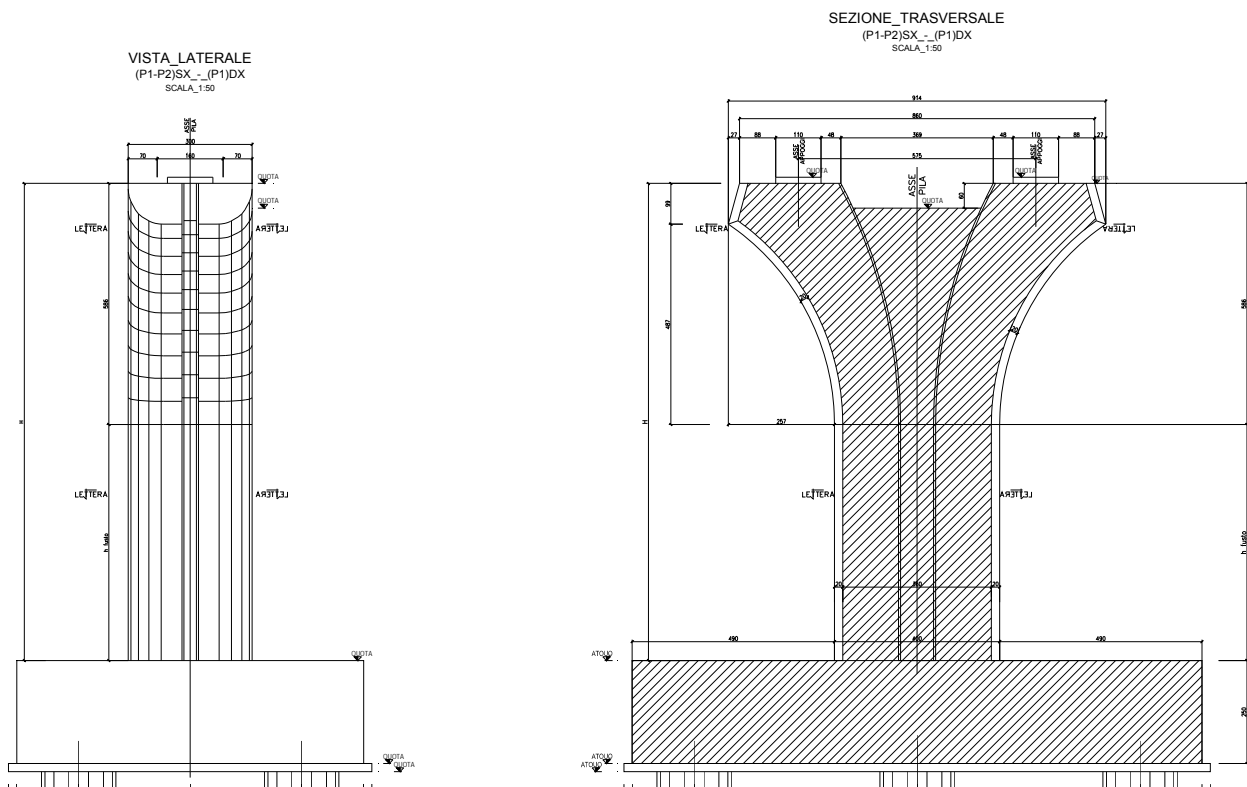
L'impalcato è vincolato alle pile ed alle spalle mediante isolatori sismici ad elastomero armato; questi funzionano come appoggi elastici lineari sia in fase sismica che per le azioni statiche agenti, compresi effetti lenti quali variazioni termiche, fluage, ritiro.

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.



**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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

$R_{ck}$	=	<b>30</b> 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
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	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

$R_{ck}$	=	<b>35</b> 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
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 7 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	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

$R_{ck}$	=	<b>45</b> 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
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	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

$R_{ck}$	=	<b>40</b> 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
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

$f_{y,nom}$	=	<b>450</b> MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	<b>540</b> 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
$E_s$	=	<b>200000</b> MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	<b>1.15</b>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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:

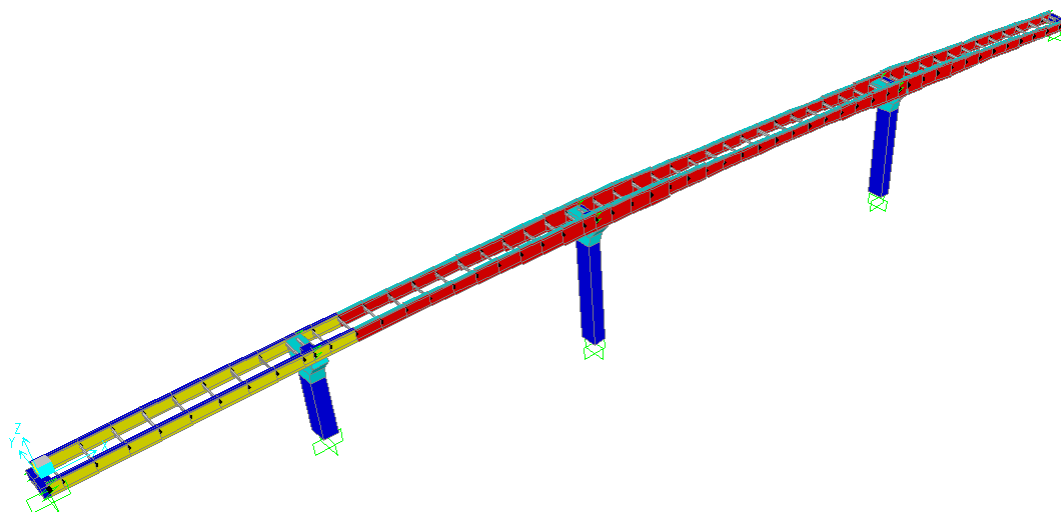
$$K_e = 5.30 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$

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

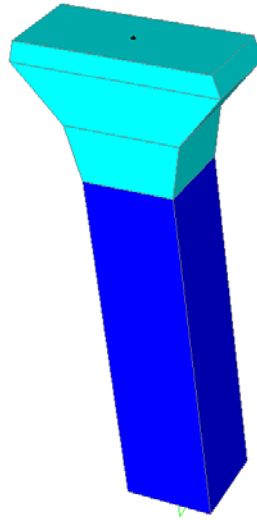
Anche sulle spalle sono previsti isolatori elastomerici aventi le medesime caratteristiche di quelli predisposti sulle pile, pertanto, trascurando la deformabilità delle spalle rispetto a quella dei dispositivi sismici, ossia ipotizzando che il moto sismico dell'impalcato risulti disaccoppiato rispetto 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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)

$\chi_y$  = curvatura di snervamento (calcolata sui diagrammi M- $\chi$ )

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.

$g_{1.1b}$	=	<b>0.075</b> kPa	incidenza carpenteria minuta
B	=	12.75 m	larghezza impalcato
n	=	2	numero travi
$g_{1.1b}$	=	<b>0.48</b> 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	=	<b>3.94</b> mq	area sezione trasversale soletta
$\gamma$	=	<b>25</b> kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
n	=	2	numero travi
$g_{\text{soletta}}$	=	<b>49.25</b> 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/m<sup>3</sup>.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 (g<sub>2</sub>)

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

	carico unitario [kPa]	larghezza [m]	carico lineare [kN/m]	
g <sub>2.1.sx</sub>	<b>2.50</b>	5.63	14.06	pavimentazione lato trave sx
g <sub>2.1.dx</sub>	<b>2.50</b>	4.88	12.19	pavimentazione lato trave dx
g <sub>2.3.sx</sub>	-	-	<b>1.00</b>	guard-rail sx
g <sub>2.3.dx</sub>	-	-	<b>1.00</b>	guard-rail dx
g <sub>2.4.sx</sub>	-	-	<b>0.00</b>	barriera sx
g <sub>2.4.dx</sub>	-	-	<b>0.50</b>	barriera dx
g <sub>2.5.sx</sub>	-	-	<b>1.00</b>	veletta sx
g <sub>2.5.dx</sub>	-	-	<b>1.00</b>	veletta dx
g <sub>2</sub>			30.75	permanente portato totale
g <sub>2.sx</sub>			16.06	permanente portato su trave sx
g <sub>2.dx</sub>			14.69	permanente portato su trave dx

## 2.2.3 Effetti del ritiro (ε<sub>2</sub>)

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

## 2.2.4 Effetti della temperatura (ε<sub>3</sub>)

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<sub>M1</sub> = +15 °C/m (estradosso più caldo dell'intradosso) e ΔT<sub>M2</sub> = -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<sub>N1</sub> = -26 °C e ΔT<sub>N2</sub> = +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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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:

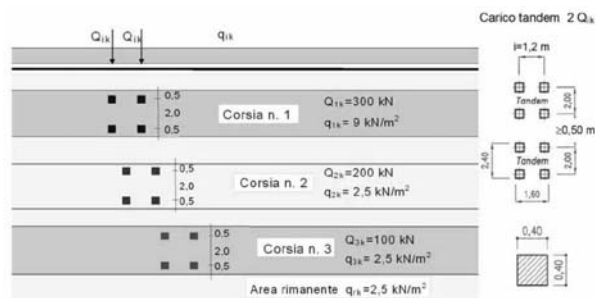
- Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza di 3.00 m.

### 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  $2.5 \text{ kN/m}^2$  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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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
$\rho$	=	1.25	1.25	1.25	kg/m <sup>3</sup>	densità dell'aria
$q_b$	=	0.490	0.490	0.490	kN/m <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

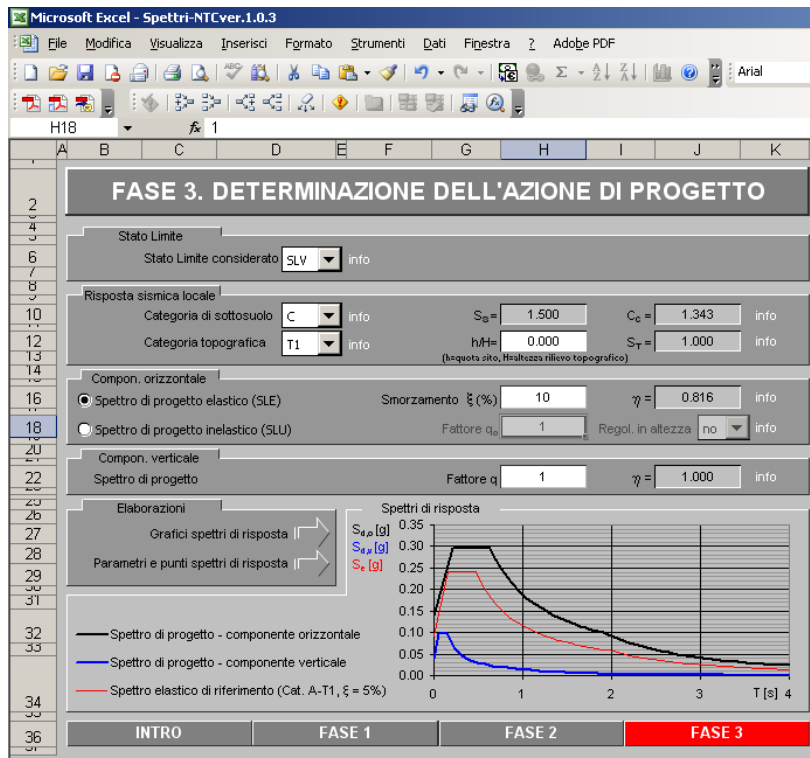
B	=	3	3	3	m	larghezza pila
$Q_{5,pile}$	=	5.03	5.03	5.03	kN/m	azione del vento trasversale su pile

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

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$\eta = \sqrt{10(S+1)} \geq 0,55, \eta = 1/q$  (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)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $\eta_q$ , 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: 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

$F_v = 1.081$

$S = 1.000$

$\eta = 1.000$

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$\eta = 1/q$  (NTC-08 §. 3.2.3.5)

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

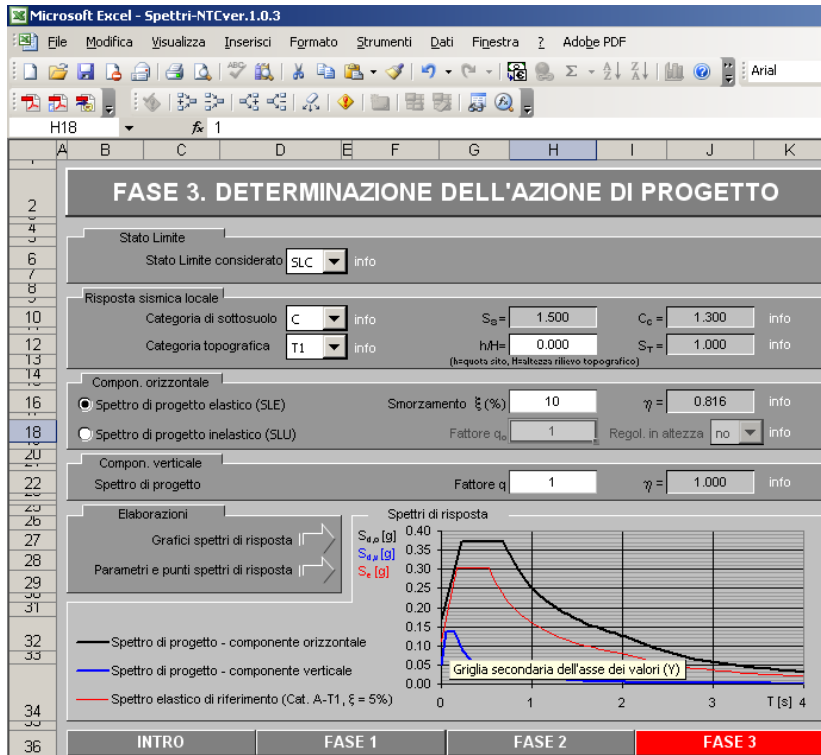
Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

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

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

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



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
$\gamma$	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)

$\eta = \sqrt{0.05(S+0.5)} \geq 0.55, \eta = 1/q$  (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)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $\eta_q$ , 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
$\gamma$	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. 3.2.11)

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)  $0.3 \times E_x + 0.3 \times E_y + E_z;$

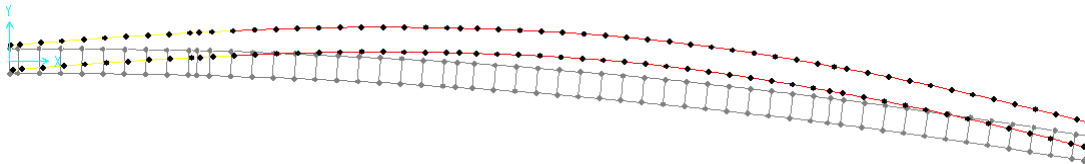
### 2.2.11 Resistenza parassita dei vincoli (q7)

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.

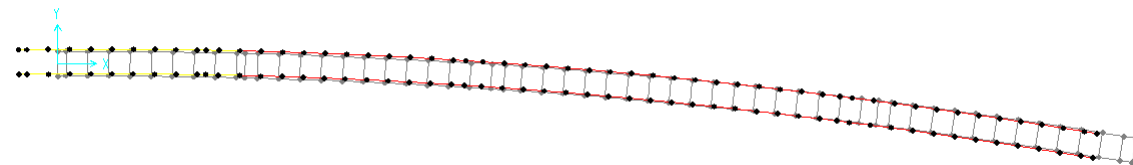
### 2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

TABLE: Modal Periods And Frequencies						TABLE: Modal Periods And Frequencies					
StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
Mode	1	2.765	0.362	2.273	5.164	Mode	26	0.206	4.865	30.566	934.270
Mode	2	2.388	0.419	2.631	6.921	Mode	27	0.201	4.971	31.230	975.340
Mode	3	1.743	0.574	3.604	12.987	Mode	28	0.197	5.079	31.910	1018.200
Mode	4	1.206	0.829	5.210	27.144	Mode	29	0.174	5.746	36.103	1303.400
Mode	5	1.193	0.838	5.268	27.748	Mode	30	0.171	5.852	36.770	1352.100
Mode	6	1.006	0.994	6.244	38.984	Mode	31	0.165	6.051	38.016	1445.200
Mode	7	0.907	1.102	6.927	47.980	Mode	32	0.161	6.208	39.004	1521.300
Mode	8	0.862	1.160	7.289	53.124	Mode	33	0.156	6.418	40.326	1626.200
Mode	9	0.805	1.243	7.810	60.993	Mode	34	0.153	6.555	41.186	1696.300
Mode	10	0.767	1.304	8.190	67.074	Mode	35	0.141	7.109	44.664	1994.800
Mode	11	0.688	1.453	9.131	83.372	Mode	36	0.121	8.264	51.923	2696.000
Mode	12	0.682	1.467	9.217	84.955	Mode	37	0.120	8.314	52.237	2728.700
Mode	13	0.605	1.652	10.382	107.790	Mode	38	0.113	8.821	55.425	3072.000
Mode	14	0.562	1.779	11.177	124.930	Mode	39	0.109	9.135	57.395	3294.200
Mode	15	0.515	1.943	12.207	149.020	Mode	40	0.107	9.350	58.749	3451.400
Mode	16	0.470	2.129	13.375	178.890	Mode	41	0.106	9.431	59.258	3511.500
Mode	17	0.451	2.218	13.936	194.200	Mode	42	0.106	9.477	59.546	3545.700
Mode	18	0.447	2.239	14.066	197.870	Mode	43	0.105	9.536	59.917	3590.000
Mode	19	0.422	2.370	14.894	221.820	Mode	44	0.094	10.642	66.863	4470.600
Mode	20	0.350	2.855	17.939	321.810	Mode	45	0.090	11.146	70.032	4904.500
Mode	21	0.324	3.087	19.393	376.080	Mode	46	0.088	11.320	71.127	5059.100
Mode	22	0.312	3.207	20.151	406.080	Mode	47	0.086	11.641	73.145	5350.200
Mode	23	0.289	3.463	21.759	473.470	Mode	48	0.084	11.847	74.436	5540.800
Mode	24	0.213	4.689	29.459	867.840	Mode	49	0.084	11.886	74.683	5577.600
Mode	25	0.212	4.719	29.647	878.960	Mode	50	0.083	12.082	75.912	5762.700

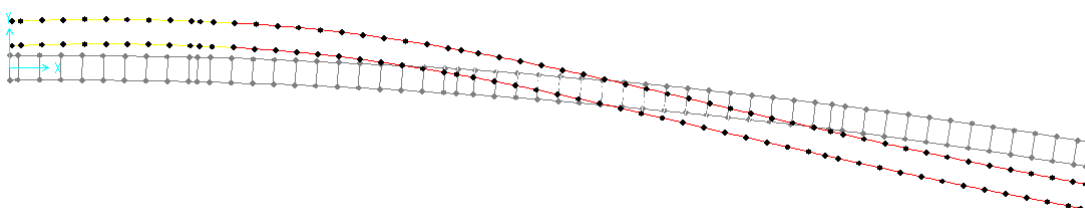
Prima forma modale



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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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		
<b>Peso Plinto (G1) E Peso Terreno Di Ricoprimento (G2)</b>					
$\gamma_{cls}$	25.00	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico cls		
$\gamma_{terreno}$	18.00	kN/m <sup>3</sup>	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		
	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
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		
<b>Peso Plinto (G1) E Peso Terreno Di Ricoprimento (G2)</b>					
$\gamma_{cls}$	25.00	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico cls		
$\gamma_{terreno}$	18.00	kN/m <sup>3</sup>	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		
	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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		
<b>Peso plinto (g1) e peso terreno di ricoprimento (G2)</b>					
$\gamma_{cls}$	25.00	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico cls		
$\gamma_{terreno}$	18.00	kN/m <sup>3</sup>	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		
	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>		<b>Mx</b>
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	1.50	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	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
q4	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	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	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50
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	1.50	1.50	1.50	
q4	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	0	0	
q6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q6.3	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	0.60	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.U.	
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		
	S.L.U.								S.L.V.								S.L.V.	
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.								S.L.V.				S.L.V.				S.L.V.	
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.U.	
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		
	S.L.U.								S.L.V.				S.L.V.				S.L.V.	
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.								S.L.V.				S.L.V.				S.L.V.	
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				



	S.L.car								S.L.E.		S.L.freq						S.L.qp	
<b>Fx</b>	138	146	86	94	133	141	81	89	121	128	103	111	116	123	98	106	109	116
<b>Fy</b>	577	591	-397	-384	477	491	-497	-483	252	266	-73	-59	153	166	-172	-159	33	44
<b>Fz</b>	32202	32179	32204	32181	25299	25276	25302	25278	32203	32179	32204	32180	25300	25277	25301	25277	27846	27827
<b>Mx</b>	20893	21175	-7388	-7105	11692	11974	-16589	-16306	11466	11749	2039	2322	2265	2547	-7162	-6880	2729	2964
<b>My</b>	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									
<b>Fx</b>	568	648	498	578	588	668	519	599	727	807	657	737	743	823	673	753		
<b>Fy</b>	861	858	-546	-549	826	823	-581	-584	857	854	-550	-553	830	828	-577	-579		
<b>Fz</b>	47483	47108	47465	47090	44416	44041	44398	44023	45494	45119	45476	45101	43195	42820	43176	42801		
<b>Mx</b>	30350	30235	-8989	-9104	32937	32821	-6402	-6517	29290	29175	-10048	-10163	31231	31115	-8108	-8223		
<b>My</b>	18048	20448	15831	18231	15963	18363	13746	16146	22591	24992	20374	22774	21028	23428	18810	21211		

	S.L.U.								q5									
<b>Fx</b>	553	633	484	563	569	649	499	579	577	657	460	540	592	672	476	556		
<b>Fy</b>	833	831	-574	-576	807	804	-600	-603	1302	1299	-1043	-1045	1276	1273	-1069	-1072		
<b>Fz</b>	45492	45117	45473	45098	43192	42817	43174	42799	45498	45123	45467	45092	43198	42823	43168	42793		
<b>Mx</b>	28567	28452	-10771	-10886	30507	30392	-8831	-8946	41680	41565	-23884	-23999	43620	43505	-21944	-22059		
<b>My</b>	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			
<b>Fx</b>	570	703	500	633	586	719	516	649	902	957	511	566	508	564										
<b>Fy</b>	835	831	-572	-576	809	804	-598	-603	219	217	635	633	215	213										
<b>Fz</b>	45646	45021	45628	45003	43346	42721	43328	42703	29149	28888	29154	28894	28917	28656										
<b>Mx</b>	28867	28675	-10472	-10663	30807	30615	-8531	-8723	7588	7508	18628	18548	7453	7373										
<b>My</b>	17866	21866	15649	19649	16302	20302	14085	18085	24964	26630	14559	16226	14493	16159										

	S.L.car								S.L.E.		S.L.freq						S.L.qp	
<b>Fx</b>	398	465	352	418	323	389	276	343	383	449	367	434	307	374	291	358	339	395
<b>Fy</b>	566	563	-372	-375	462	460	-476	-478	253	251	-60	-62	149	147	-164	-166	35	33
<b>Fz</b>	33736	33423	33724	33411	26590	26278	26578	26266	33732	33419	33728	33415	26586	26274	26582	26270	29273	29013
<b>Mx</b>	19789	19693	-6437	-6533	10430	10334	-15796	-15892	11047	10951	2305	2209	1688	1592	-7054	-7150	2853	2573
<b>My</b>	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.								q3							
<b>Fx</b>	430	436	-114	-108	456	462	-88	-82	428	433	-116	-111	447	453	-97	-91								
<b>Fy</b>	100	158	38	95	101	159	38	96	240	298	177	235	240	298	177	235								
<b>Fz</b>	10172	10091	10250	10170	6415	6334	6493	6413	9259	9179	9338	9257	6441	6361	6520	6440								
<b>V</b>	442	464	120	144	467	488	96	126	490	525	212	260	507	542	202	252								

	P01-S								S.L.U.								q3							
<b>Fx</b>	135	194	104	162	140	198	109	167	275	333	244	302	279	337	247	306								
<b>Fy</b>	395	402	-148	-141	424	431	-119	-112	393	400	-150	-143	414	421	-129	-121								
<b>Fz</b>	11283	11271	11169	11156	8682	8670	8568	8556	10114	10102	10000	9988	8164	8152	8049	8037								
<b>V</b>	418	446	180	214	446	474	161	201	479	521	286	334	499	540	279	329								

	P01-D								S.L.U.								q5							
<b>Fx</b>	425	430	-119	-114	444	450	-100	-94	606	612	-300	-295	626	631	-281	-275								
<b>Fy</b>	99	157	36	94	99	157	37	95	120	178	15	73	120	178	16	74								
<b>Fz</b>	9259	9178	9337	9257	6441	6361	6519	6439	9232	9152	9363	9283	6415	6334	6546	6465								
<b>V</b>	436	458	124	147	455	477	106	133	618	637	301	304	637	656	281	285								

	P01-S								S.L.U.								q5							
<b>Fx</b>	134	192	102	161	138	196	106	164	144	203	92	150	148	206	96	154								
<b>Fy</b>	386	393	-156	-149	408	415	-135	-128	567	574	-337	-330	589	596	-316	-309								
<b>Fz</b>	10114	10102	10000	9987	8164	8151	8049	8037	10152	10140	9962	9949	8202	8189	8011	7999								
<b>V</b>	409	438	187	219	430	459	172	208	585	609	350	363	607	630	330	345								

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 24 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

P01-D	S.L.U. e3									q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
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	
P01-S	S.L.U. e3									q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
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

P02-D	S.L.U.									q3						
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
P02-S	S.L.U.									q3						
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
P02-D	S.L.U.									q5						
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
P02-S	S.L.U.									q5						
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
P02-D	S.L.U. e3									q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z		
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		
P02-S	S.L.U. e3									q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z		
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

P03-D	S.L.U.									q3						
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
P03-S	S.L.U.									q3						
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
P03-D	S.L.U.									q5						
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
P03-S	S.L.U.									q5						
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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 26 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

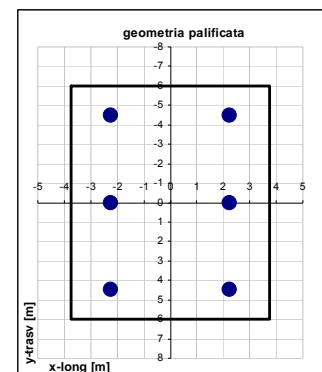
### PILA 1 - Sollecitazione sulla palificata

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 29 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

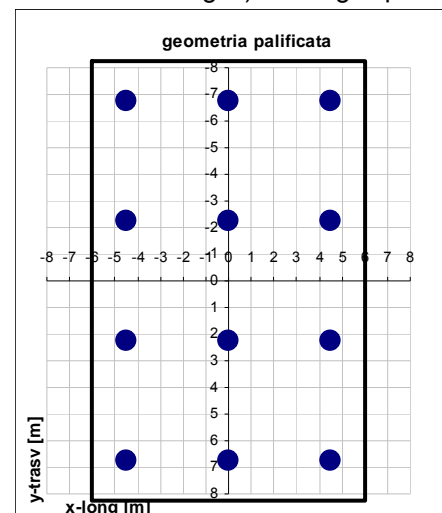
### PILA 2 - Sollecitazione sulla palificata

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

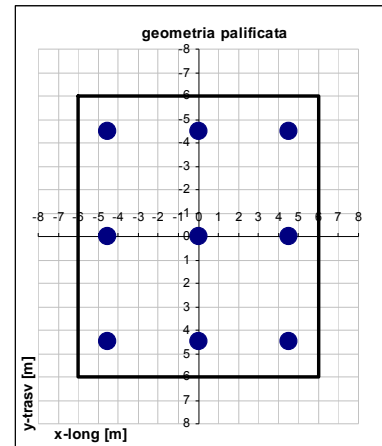
comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU29	592	1276	56347	46809	15009
SLU30	672	1273	55972	46330	17472
SLU31	476	-1069	56317	-24616	11605
SLU32	556	-1072	55942	-25096	14067
SLU33	570	835	58796	30954	16441
SLU34	703	831	58171	30155	20545
SLU35	500	-572	58778	-11901	14398
SLU36	633	-576	58153	-12700	18503
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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 34 di 128
	Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

<b>SLU33</b>	5995	7142	8288	5386	6533	7679	4777	5924	7070	63	93	112
<b>SLU34</b>	6108	7224	8341	5347	6463	7580	4586	5702	6819	78	92	121
<b>SLU35</b>	7505	7064	6623	6972	6531	6090	6438	5998	5557	56	-64	84
<b>SLU36</b>	7617	7147	6676	6932	6461	5991	6247	5776	5306	70	-64	95
<b>SLU37</b>	5611	6827	8043	5061	6277	7493	4512	5728	6944	65	90	111
<b>SLU38</b>	5723	6909	8096	5022	6208	7394	4320	5506	6693	80	89	120
<b>SLU39</b>	7121	6749	6378	6647	6275	5904	6173	5801	5430	57	-66	88
<b>SLU40</b>	7233	6832	6431	6607	6206	5805	5981	5580	5179	72	-67	98
<b>SLV1</b>	4861	5162	5463	4020	4321	4622	3179	3480	3781	100	24	103
<b>SLV2</b>	4908	5197	5485	4003	4292	4581	3099	3388	3677	106	24	109
<b>SLV3</b>	4147	4829	5512	3639	4322	5004	3132	3814	4496	57	71	91
<b>SLV4</b>	4194	4864	5534	3623	4293	4962	3052	3722	4391	63	70	94
<b>SLV5</b>	4489	4785	5081	3999	4295	4591	3510	3806	4101	56	24	61
<b>SLV6</b>	4536	4819	5103	3983	4266	4550	3430	3713	3997	63	24	67
<b>SLE-C1</b>	4471	5256	6042	4045	4831	5616	3620	4405	5190	44	63	77
<b>SLE-C2</b>	4527	5298	6068	4025	4796	5566	3524	4294	5065	52	63	81
<b>SLE-C3</b>	5477	5204	4932	5102	4829	4556	4727	4454	4181	39	-41	57
<b>SLE-C4</b>	5533	5246	4958	5082	4795	4507	4631	4344	4056	46	-42	62
<b>SLE-C5</b>	3962	4391	4820	3608	4037	4466	3253	3682	4111	36	51	63
<b>SLE-C6</b>	4018	4433	4847	3588	4002	4416	3157	3571	3986	43	51	67
<b>SLE-C7</b>	4969	4340	3710	4665	4035	3406	4360	3731	3102	31	-53	61
<b>SLE-C8</b>	5025	4381	3737	4645	4001	3357	4264	3621	2977	38	-53	65
<b>SLE-F1</b>	4806	5239	5672	4398	4830	5263	3989	4422	4854	43	28	51
<b>SLE-F2</b>	4863	5280	5698	4378	4796	5213	3893	4311	4729	50	28	57
<b>SLE-F3</b>	5142	5222	5302	4750	4830	4910	4358	4438	4518	41	-7	41
<b>SLE-F4</b>	5198	5263	5328	4730	4795	4860	4262	4327	4392	48	-7	49
<b>SLE-F5</b>	4298	4374	4450	3960	4036	4113	3622	3699	3775	34	17	38
<b>SLE-F6</b>	4354	4415	4477	3940	4002	4063	3526	3588	3649	42	16	45
<b>SLE-F7</b>	4633	4357	4080	4312	4036	3759	3991	3715	3438	32	-18	37
<b>SLE-F8</b>	4689	4398	4107	4292	4001	3710	3895	3604	3313	40	-18	44
<b>SLE-QP1</b>	4572	4674	4775	4233	4335	4436	3894	3996	4097	38	4	38
<b>SLE-QP2</b>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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
<b>max/min</b>	<b>8828</b>	<b>3856</b>	<b>6737</b>	<b>230</b>

#### SISMICA-SLV

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

#### SLE\_Caratteristica

	Nmax	Nmin	Vmax
P01	5570	2611	106
P02	4457	2795	51
P03	6068	2977	81
<b>max/min</b>	<b>6068</b>	<b>2611</b>	<b>106</b>

#### SLE\_Frequente

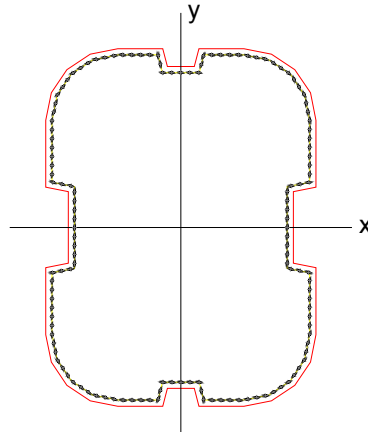
	Nmax	Nmin	Vmax
P01	5208	2938	65
P02	4215	3008	25
P03	5698	3313	57
<b>max/min</b>	<b>5698</b>	<b>2938</b>	<b>65</b>

#### SLE\_Quasi Permanente

	Nmax	Nmin	Vmax
P01	4194	3189	45
P02	3625	3301	10
P03	4797	3815	44
<b>max/min</b>	<b>4797</b>	<b>3189</b>	<b>45</b>

## 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.



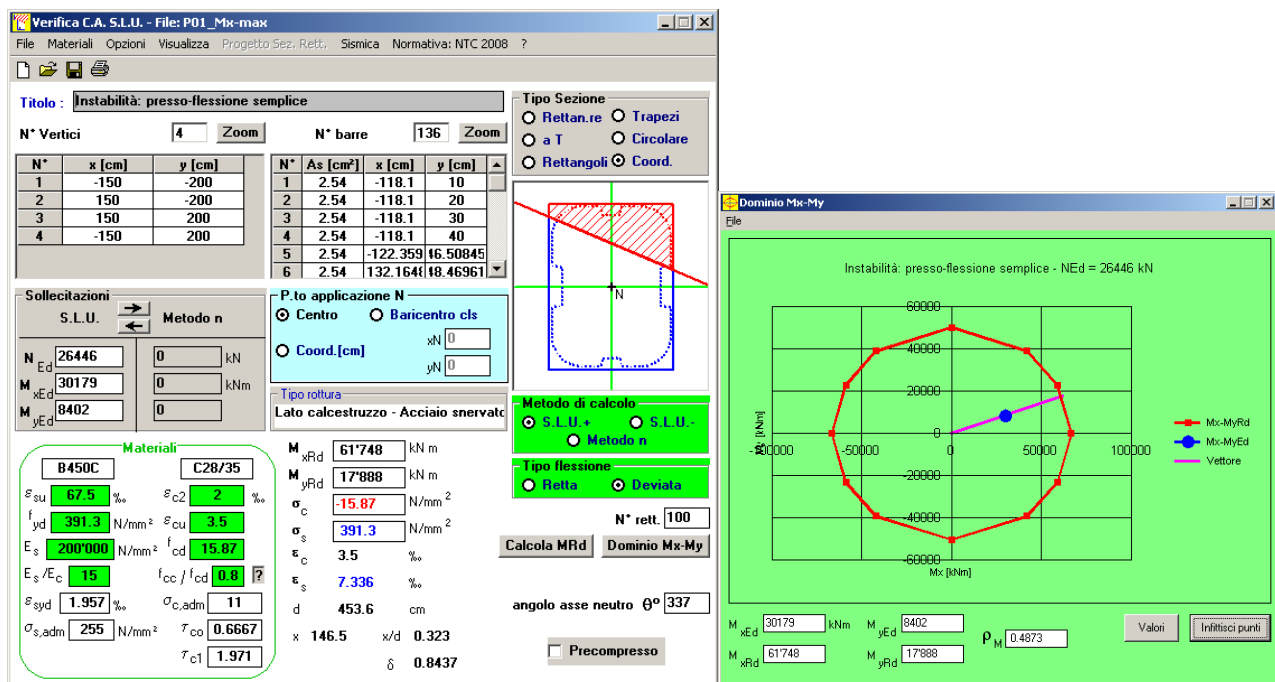
### 4.1 S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE

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.

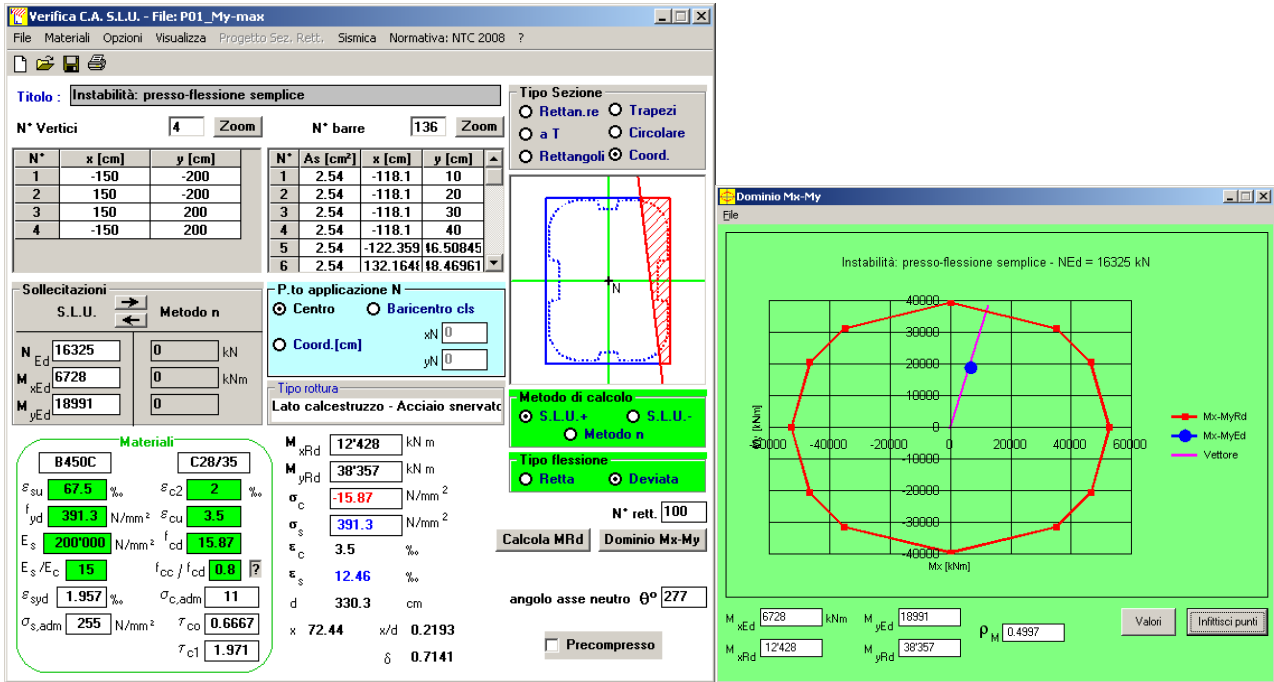
Si riporta di seguito l'output delle verifiche:

#### PILA 01

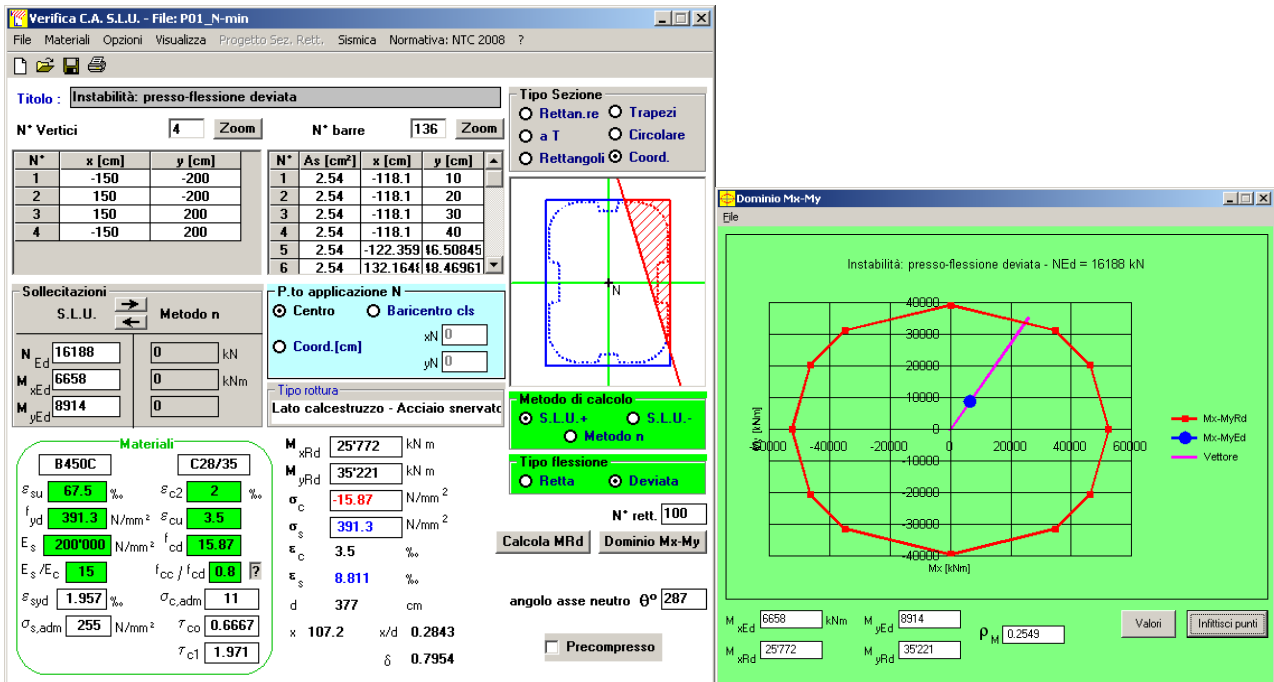
massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale

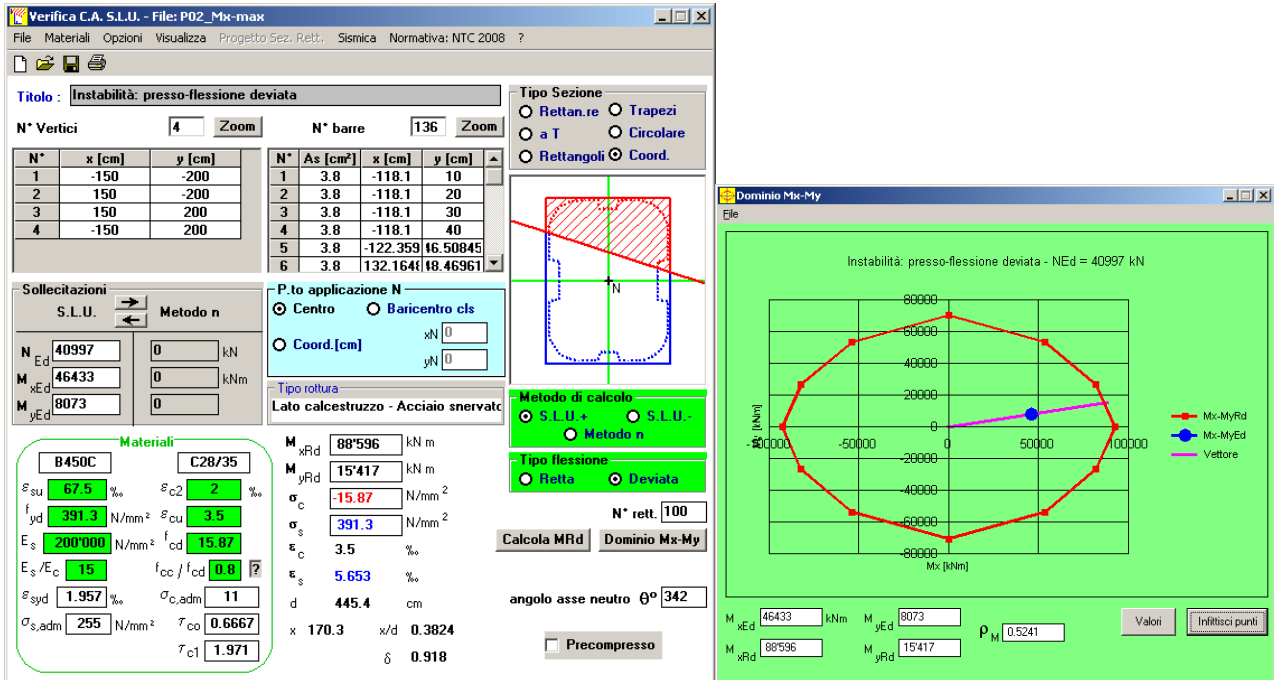


minimo sforzo assiale

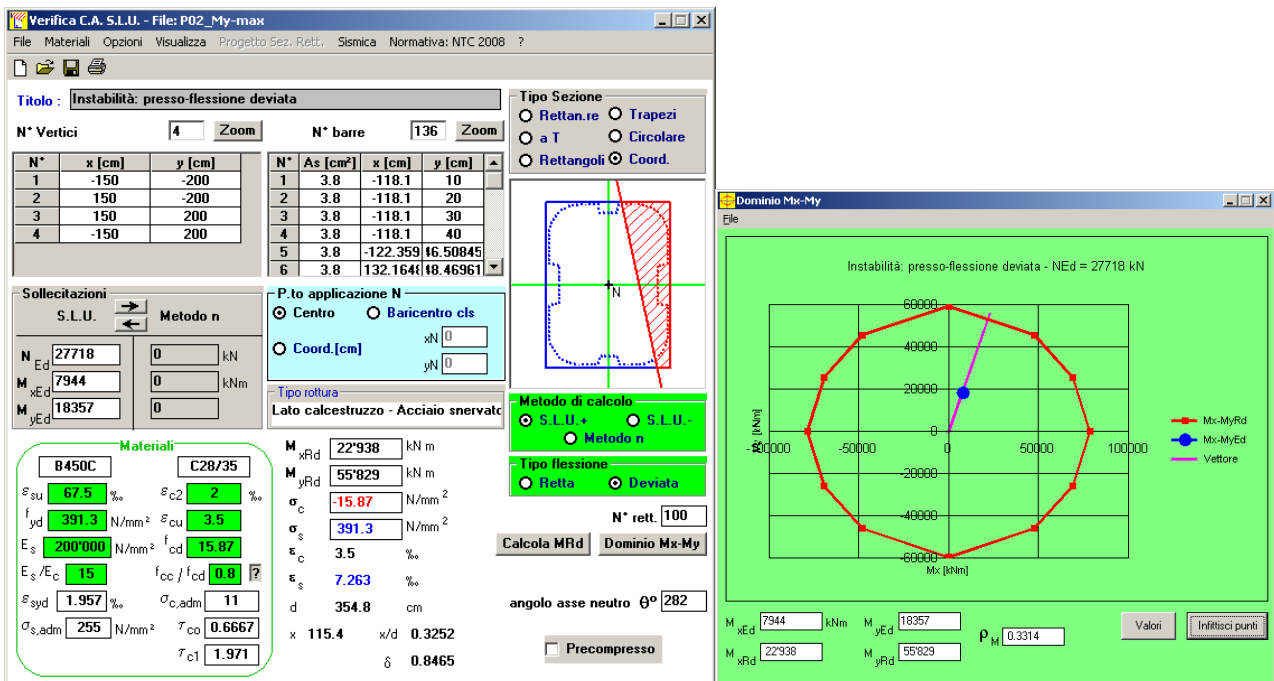


**PILA 02**

massimo momento trasversale

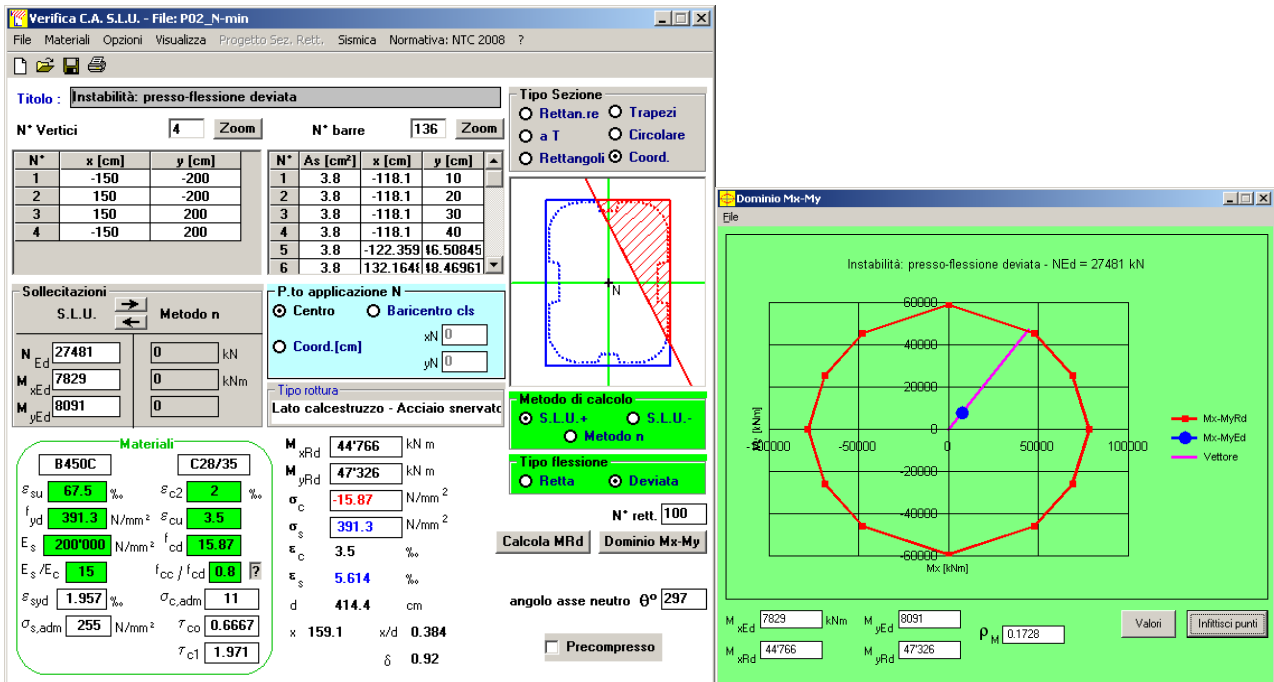


massimo momento longitudinale



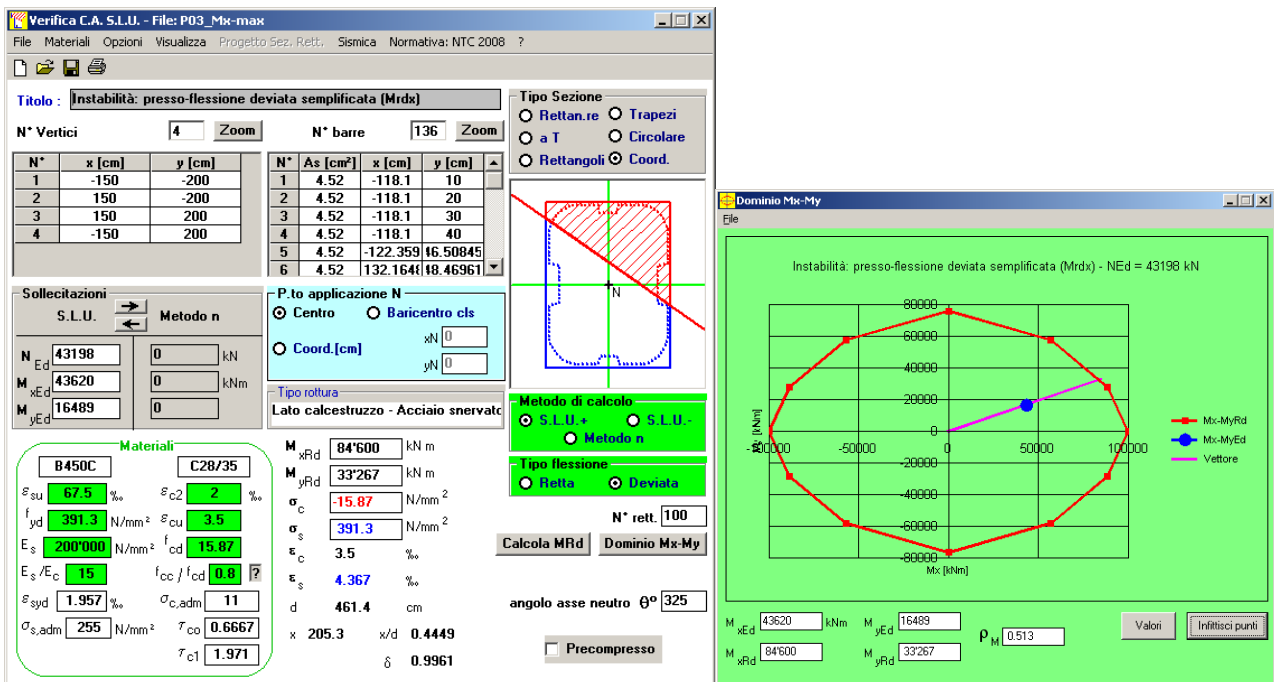


minimo sforzo assiale

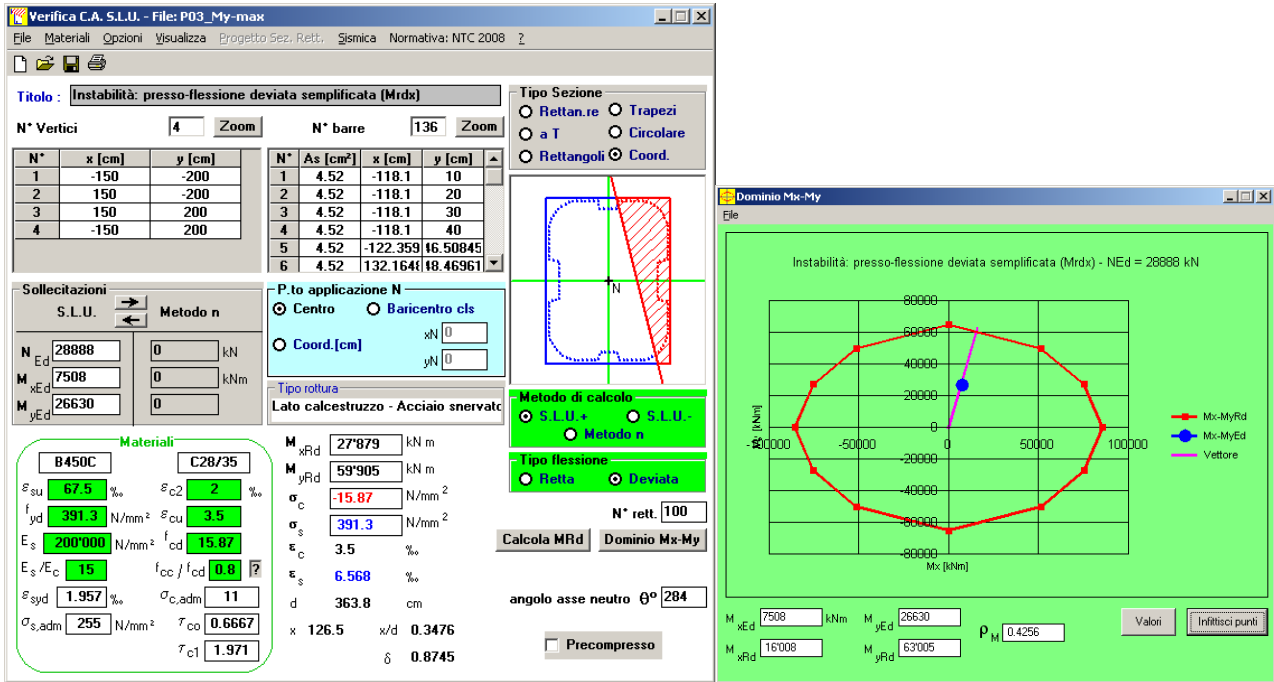


PILA 03

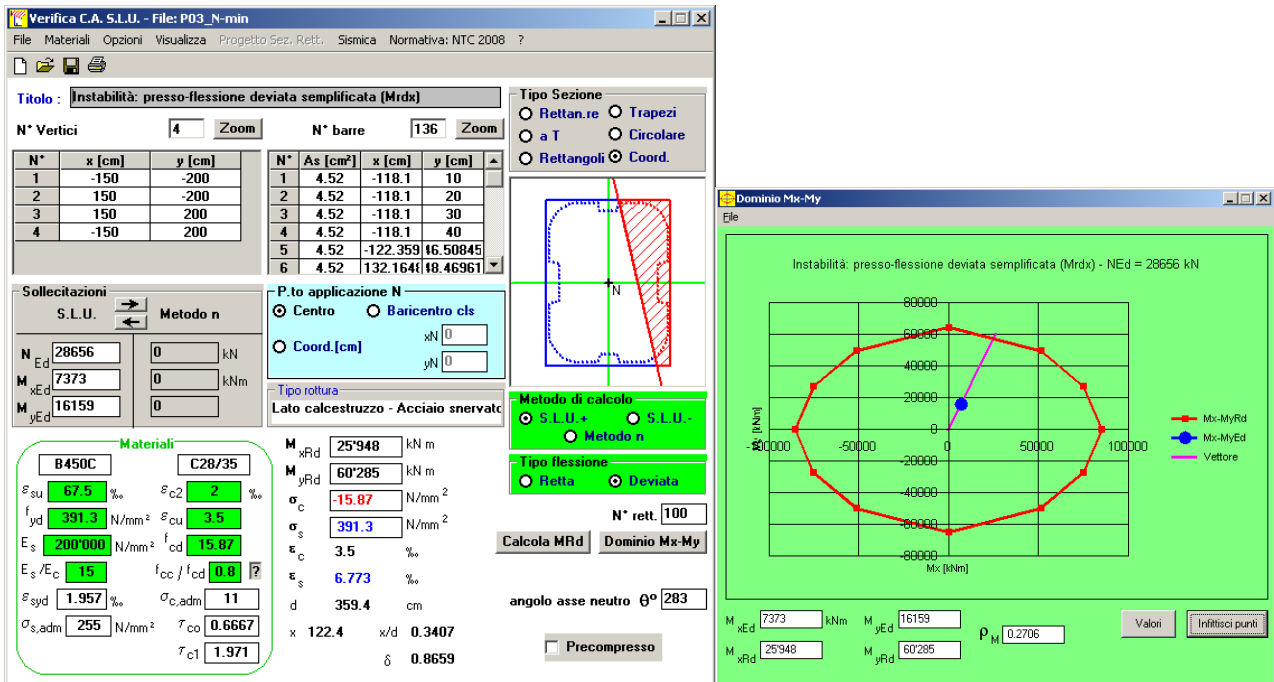
massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale



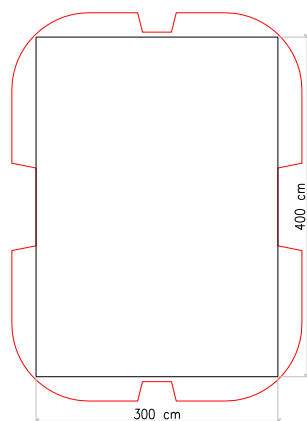
minimo sforzo assiale



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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	= 1049.1	1305.2	kN	taglio
N	= 16325.4	24101.9	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>				
B	= 3600	2500	mm	larghezza sezione
H	= 3000	4000	mm	altezza sezione
d	= 2950	3950	mm	altezza utile
<b>Materiali</b>				
R <sub>ck</sub>	= 35	35		resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	= 29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	= 1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	= 0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	= 16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' <sub>cd</sub>	= 8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ <sub>s</sub>	= 1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	= 450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	= 391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
A <sub>sl</sub>	= 34608	34608	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
ρ <sub>l</sub>	= 0.003	0.004		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	= 1.260	1.225		
V <sub>min</sub>	= 0.267	0.256		
σ <sub>cp</sub>	= 1.51	2.41	MPa	tensione media calcestruzzo
σ <sub>cp,ad</sub>	= 1.51	2.41	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f <sub>cd</sub> )
V <sub>Rd</sub>	= 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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			
<b>Sollecitazioni</b>					
V	=	1049.1	1305.2	kN	taglio
N	=	16325.4	24101.9	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>					
B	=	3600	2500	mm	larghezza sezione
H	=	3000	4000	mm	altezza sezione
d	=	2950	3950	mm	altezza utile
<b>Materiali</b>					
R <sub>ck</sub>	=	35	35		resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' <sub>cd</sub>	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

#### Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A <sub>sl</sub>	=	51698	51698	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
ρ <sub>l</sub>	=	0.005	0.005		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.260	1.225		
V <sub>min</sub>	=	0.267	0.256		
σ <sub>cp</sub>	=	1.51	2.41	MPa	tensione media calcestruzzo
σ <sub>cp,ad</sub>	=	1.51	2.41	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
V <sub>Rd</sub>	=	6292.2	7166.7	kN	taglio resistente
FS	=	6.00	5.49		

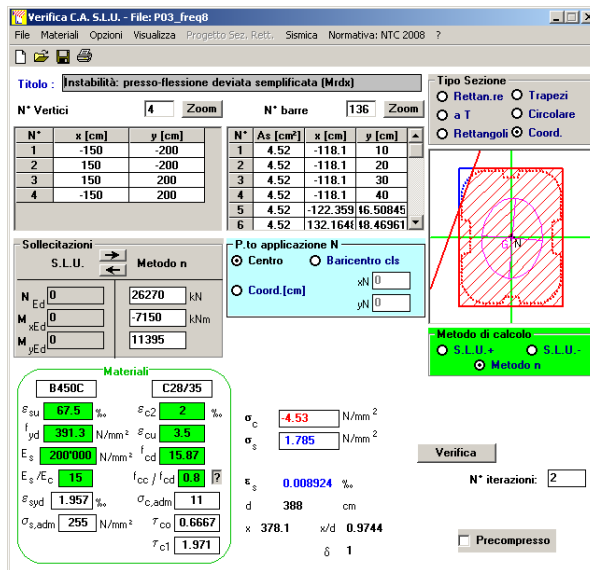
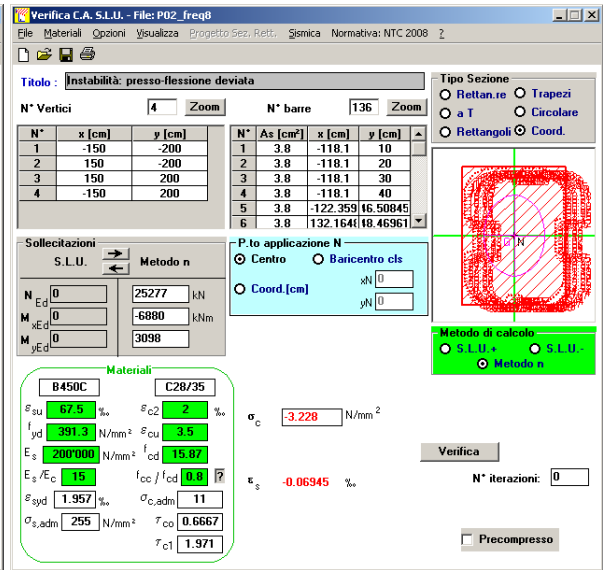
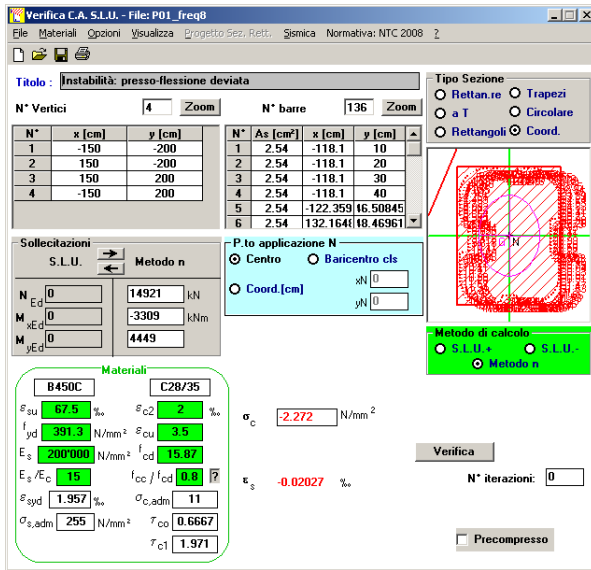
### PILA 03

	V long	V trasv			
<b>Sollecitazioni</b>					
V	=	957.1	1302.1	kN	taglio
N	=	28888.3	42822.8	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>					
B	=	3600	2500	mm	larghezza sezione
H	=	3000	4000	mm	altezza sezione
d	=	2950	3950	mm	altezza utile
<b>Materiali</b>					
R <sub>ck</sub>	=	35	35		resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' <sub>cd</sub>	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

#### Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A <sub>sl</sub>	=	61525	61525	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
ρ <sub>l</sub>	=	0.006	0.006		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.260	1.225		
V <sub>min</sub>	=	0.267	0.256		
σ <sub>cp</sub>	=	2.67	4.28	MPa	tensione media calcestruzzo
σ <sub>cp,ad</sub>	=	2.67	3.29	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
V <sub>Rd</sub>	=	8377.2	8688.1	kN	taglio resistente
FS	=	8.75	6.67		





#### 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<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>Ed</sub>: -857 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 3970 kNm

P.to applicazione N: Centro

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

Materiali: B450C, C28/35

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

$\sigma_c$ : -2.838 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 3.074 N/mm²

$\epsilon_s$ : 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<sub>Ed</sub>: 25278 kN  
 M<sub>Ed</sub>: -16306 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 2537 kNm

P.to applicazione N: Centro

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

Materiali: B450C, C28/35

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

$\sigma_c$ : -4.222 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 0.3244 N/mm²

$\epsilon_s$ : 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<sub>Ed</sub>: 26266 kN  
 M<sub>Ed</sub>: -15892 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 10902 kNm

P.to applicazione N: Centro

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

Materiali: B450C, C28/35

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

$\sigma_c$ : -5.605 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 15.84 N/mm²

$\epsilon_s$ : 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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  $\lambda$  è al di sotto di un certo valore  $\lambda_{lim}$ . Il valore raccomandato viene calcolato come di seguito indicato

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

dove:

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

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

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

$\varphi_{ef}$  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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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  $\varphi_{ef}$ , 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><math>M_{0Ed}</math> è il momento del primo ordine, che tiene conto dell'effetto delle imperfezioni, vedere anche punto 5.8.8.2 (2);</p> <p><math>M_2</math> è il momento del secondo ordine nominale, vedere punto 5.8.8.2 (3).</p> <p>Il valore massimo di <math>M_{Ed}</math> è dato dalle distribuzioni di <math>M_{0Ed}</math> e <math>M_2</math>; quest'ultimo può essere preso come parabolico oppure sinusoidale sulla lunghezza libera d'inflessione.</p> <p>Nota Nel caso di elementi iperstatici, <math>M_{0Ed}</math> è determinato per le condizioni reali di vincolo, mentre <math>M_2</math> 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 <math>M_{01}</math> e <math>M_{02}</math> possono essere sostituiti con un momento del primo ordine equivalente di estremità <math>M_{0e}</math>:</p> $M_{0e} = 0,6 M_{02} + 0,4 M_{01} \geq 0,4 M_{02} \quad (5.32)$ <p><math>M_{01}</math> e <math>M_{02}</math> dovrebbero avere lo stesso segno se essi provocano trazione sullo stesso lato, altrimenti segni opposti. Inoltre, <math> M_{02}  \geq  M_{01} </math>.</p> <p>(3) Il momento nominale del secondo ordine <math>M_2</math> nell'espressione (5.31) è</p> $M_2 = N_{Ed} e_2 \quad (5.33)$ <p>dove:</p> <p><math>N_{Ed}</math> è il valore di progetto della forza assiale;</p> <p><math>e_2</math> è l'inflessione = <math>(1/r) l_0^2 / c</math>;</p> <p><math>1/r</math> è la curvatura, vedere punto 5.8.8.3;</p> <p><math>l_0</math> è la lunghezza libera d'inflessione, vedere punto 5.8.3.2;</p> <p><math>c</math> 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 <math>c = 10 (\approx \pi^2)</math>. 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 <math>\pi^2</math> corrisponde ad una distribuzione di curvatura sinusoidale. Il valore per una curvatura costante è 8. Si noti che <math>c</math> dipende dalla distribuzione della curvatura totale, mentre <math>c_0</math> 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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);

$K_\varphi$  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:

$\varphi_{ef}$  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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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;

$\lambda_y, \lambda_z$  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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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		
<b>Materiali</b>					
$R_{ck}$	= 35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 29.1	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 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
$\gamma_s$	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	= <b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$\varepsilon_{yd}$	= 0.0019	0.0019	0.0019		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>					
$d_x$	= <b>2.95</b>	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= <b>3.95</b>	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= <b>10.88</b>	10.88	10.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	= 19.06	19.06	19.06	m	altezza elemento
$J_x$	= <b>13.63</b>	13.63	13.63	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	= <b>7.22</b>	7.22	7.22	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	= 0.81	0.81	0.81	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 1.12	1.12	1.12	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	= <b>34608</b>	34608	34608	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.09	0.09	0.09		rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	= <b>2.00</b>	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	= <b>2.00</b>	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
$\lambda_x$	= 46.8	46.8	46.8		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 34.1	34.1	34.1		snellezza trasversale
$\lambda$	= <b>46.8</b>	<b>46.8</b>	<b>46.8</b>		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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 52 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

**Eccentricità**

$\vartheta_0$	=	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>		
$\alpha_h$	=	0.67	0.67	0.67		
$\alpha_m$	=	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>		
$\vartheta_1$	=	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	<b>26445.9</b>	<b>16325.4</b>	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	<b>24156.9</b>	30178.6	<b>6728.4</b>	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
$M_{2,y}$	=	<b>5443.6</b>	<b>8402.4</b>	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	=	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>		
B	=	1.08	1.08	1.08		
C	=	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
n	=	0.18	0.17	0.11		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
$\lambda_{lim}$	=	<b>24.9</b>	<b>25.6</b>	<b>32.6</b>		forza assiale adimensionale
		NO	NO	NO		snellezza limite

**Buckling**

$n_u$	=	1.09	1.09	1.09		
$n_{bal}$	=	<b>0.40</b>	0.40	0.40		
$K_\tau$	=	1.00	1.00	1.00		coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	=	<b>2.00</b>	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**

$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	=	1.48	1.48	1.48		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_x$	=	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	inflexione longitudinale
$M_{2y}$	=	7494.8	7084.4	4373.3	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	<b>12538.5</b>	<b>13806.0</b>	<b>16804.9</b>	kNm	momento di progetto longitudinale

**Buckling trasversale**

$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.48	1.48	1.48		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	=	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	inflexione trasversale
$M_{2x}$	=	6151.2	5814.3	3589.3	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	<b>32085.6</b>	<b>37673.1</b>	<b>11354.9</b>	kNm	momento di progetto trasversale

**Buckling flessione deviata - verifica geometrica**

$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	<b>1.37</b>	<b>1.37</b>	<b>1.37</b>		rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ 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
$e/b$	=	<b>0.14</b>	<b>0.15</b>	<b>0.17</b>		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti

**Buckling flessione deviata - verifica semplificata**

$N_{Rd}$	=	-	-	167059	kN	forza nominale resistente
a	=	-	-	1.00		esponente del dominio
$M_{Rdx}$	=	-	-	<b>52615</b>	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	-	-	<b>39474</b>	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	<b>0.64</b>		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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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
$\gamma_c$	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 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
$\gamma_s$	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	= <b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	= 0.0019	0.0019	0.0019		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>					
$d_x$	= <b>2.95</b>	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= <b>3.95</b>	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= <b>10.88</b>	10.88	10.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	= 31.06	31.06	31.06	m	altezza elemento
$J_x$	= <b>13.63</b>	13.63	13.63	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	= <b>7.22</b>	7.22	7.22	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	= 0.81	0.81	0.81	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 1.12	1.12	1.12	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	= <b>51698</b>	51698	51698	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.13	0.13	0.13		rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	= <b>2.00</b>	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	= <b>2.00</b>	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
$\lambda_x$	= 76.3	76.3	76.3		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 55.5	55.5	55.5		snellezza trasversale
$\lambda$	= <b>76.3</b>	<b>76.3</b>	<b>76.3</b>		snellezza massima
<b>Eccentricità</b>					
$\vartheta_0$	= <b>0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>		
$\alpha_h$	= 0.67	0.67	0.67		
$\alpha_m$	= <b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>		
$\vartheta_1$	= 0.003	0.003	0.003		
$e_{px}$	= 0.10	0.10	0.10	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{py}$	= 0.10	0.10	0.10	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>					
$N_{Ed}$	= 45428.0	<b>40997.0</b>	<b>27717.9</b>	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= <b>32297.4</b>	46433.2	<b>7944.2</b>	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
$M_{2,y}$	= <b>7515.2</b>	<b>8072.6</b>	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
<b>Valutazione della snellezza limite</b>					
$A$	= <b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>		
$B$	= 1.12	1.12	1.12		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
$C$	= <b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>		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
$\lambda_{lim}$	= <b>20.3</b>	<b>21.3</b>	<b>25.9</b>		snellezza limite
	NO	NO	NO		
<b>Buckling</b>					
$n_u$	= 1.13	1.13	1.13		
$n_{bal}$	= <b>0.40</b>	0.40	0.40		
$K_r$	= 1.00	1.00	1.00		coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	= <b>2.00</b>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 54 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

#### Buckling longitudinale

$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	0.74	0.74	rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	=	1.48	1.48	1.48	coefficiente di viscosità efficace
$\beta_x$	=	-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 inflexione longitudinale
$M_{2y}$	=	25415.6	22936.5	15507.3	kNm momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	<b>34628.0</b>	<b>32024.7</b>	<b>29391.2</b>	kNm momento di progetto longitudinale

#### Buckling trasversale

$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	0.74	0.74	rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.48	1.48	1.48	coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	=	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 inflexione trasversale
$M_{2x}$	=	22503.2	20308.2	13730.3	kNm momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	<b>59503.9</b>	<b>70986.0</b>	<b>24544.3</b>	kNm momento di progetto trasversale

#### Buckling flessione deviata - verifica geometrica

$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	<b>1.37</b>	<b>1.37</b>	<b>1.37</b>	rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ 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
$e/b$	=	<b>0.18</b>	<b>0.13</b>	<b>0.93</b>	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti

#### Buckling flessione deviata - verifica semplificata

$N_{Rd}$	=	-	-	173746	kN forza nominale resistente
$a$	=	-	-	1.50	esponente del dominio
$M_{Rdx}$	=	-	-	<b>78552</b>	kNm momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	-	-	<b>59441</b>	kNm momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	<b>0.52</b>	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
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	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
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	391	391	391	MPa tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	=	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	=	0.0019	0.0019	0.0019	deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>					
$d_x$	=	<b>2.95</b>	2.95	2.95	m altezza utile longitudinale
$d_y$	=	<b>3.95</b>	3.95	3.95	m altezza utile trasversale
$A_c$	=	<b>10.88</b>	10.88	10.88	m <sup>2</sup> area sezione trasversale
$L$	=	29.86	29.86	29.86	m altezza elemento
$J_x$	=	<b>13.63</b>	13.63	13.63	m <sup>4</sup> momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	<b>7.22</b>	7.22	7.22	m <sup>4</sup> momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.81	0.81	0.81	m <sup>2</sup> raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	1.12	1.12	1.12	m <sup>2</sup> raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	=	<b>61525</b>	61525	61525	mm <sup>2</sup> area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.16	0.16	0.16	rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	=	<b>2.00</b>	2.00	2.00	coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	=	<b>2.00</b>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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
$\lambda_x$	=	73.3	73.3	73.3		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	53.4	53.4	53.4		snellezza trasversale
$\lambda$	=	73.3	73.3	73.3		snellezza massima

#### Eccentricità

$\vartheta_0$	=	0.005	0.005	0.005		
$\alpha_h$	=	0.67	0.67	0.67		
$\alpha_m$	=	1.00	1.00	1.00		
$\vartheta_1$	=	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
$\lambda_{lim}$	=	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
$\beta_x$	=	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
$\beta_y$	=	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 $\leq 2$ 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

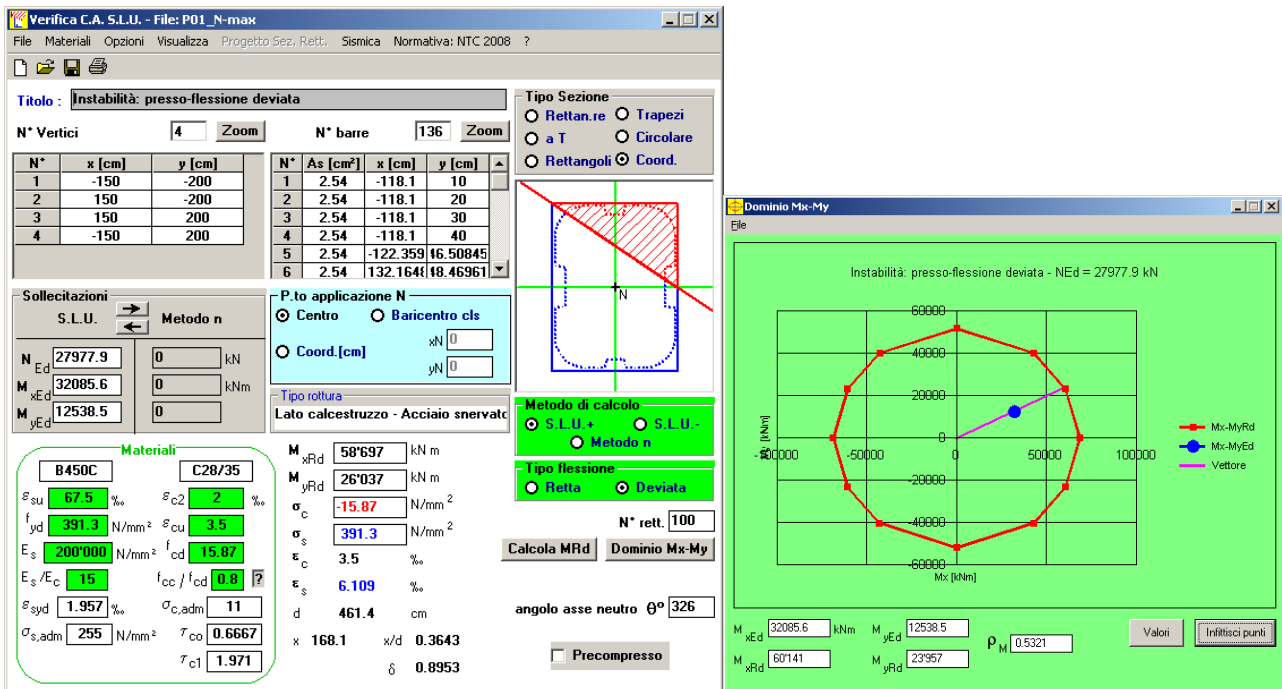
**5.2.2 Verifica di resistenza per l'instabilità**

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<sub>Ed</sub>: 26445.9 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 37673.1 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

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

**Materiali**  
 B450C C28/35  
 ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 15.87  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 11  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0.6667  
 τ<sub>c1</sub>: 1.971

**M xRd**: 66'713 kNm  
 σ<sub>c</sub>: -15.87 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 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  
 L<sub>0</sub>: 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<sub>Ed</sub>: 16325.4 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

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

**Materiali**  
 B450C C28/35  
 ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 15.87  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 11  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0.6667  
 τ<sub>c1</sub>: 1.971

**M xRd**: 52'615 kNm  
 σ<sub>c</sub>: -15.87 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 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<sub>Ed</sub>: 16325.4 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

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

**Materiali**  
 B450C C28/35  
 ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 15.87  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 11  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0.6667  
 τ<sub>c1</sub>: 1.971

**M xRd**: 39'474 kNm  
 σ<sub>c</sub>: -15.87 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 20.57 ‰  
 d: 293.1 cm  
 x: 42.62 x/d: 0.1454  
 δ: 0.7

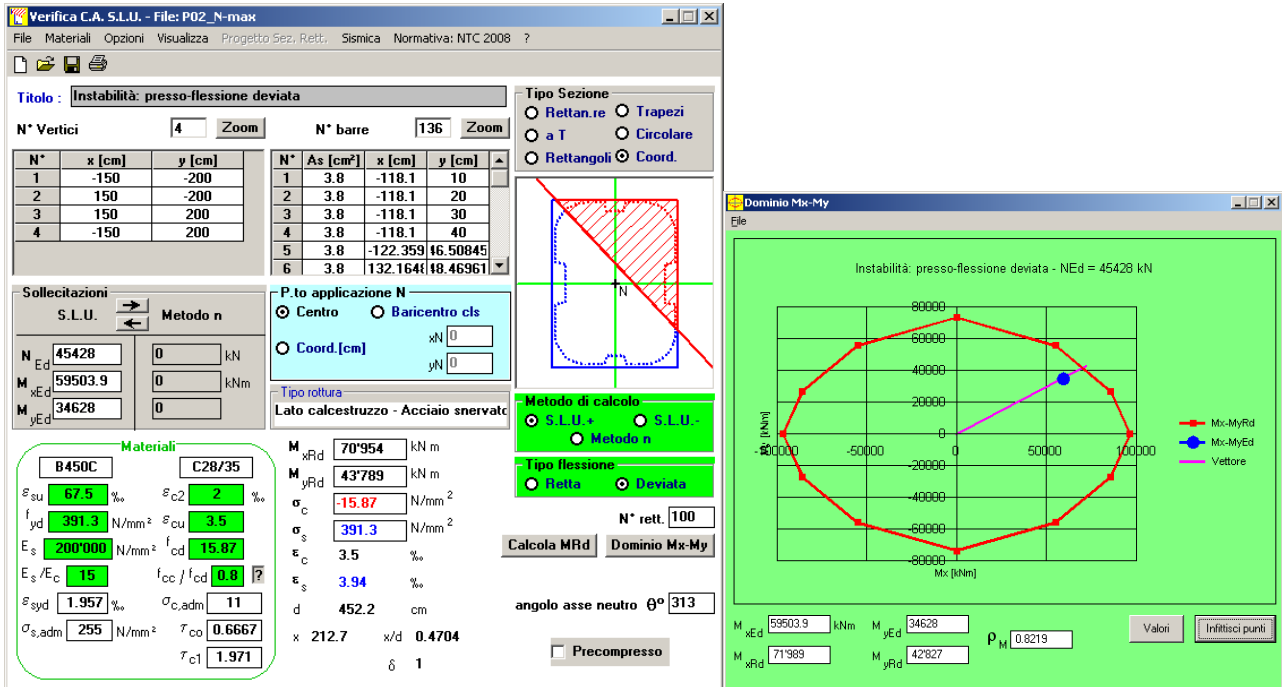
**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n  
**Tipo flessione**  
 Retta Deviata  
 N° rett.: 100  
 L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Calcola MRD Dominio M-N

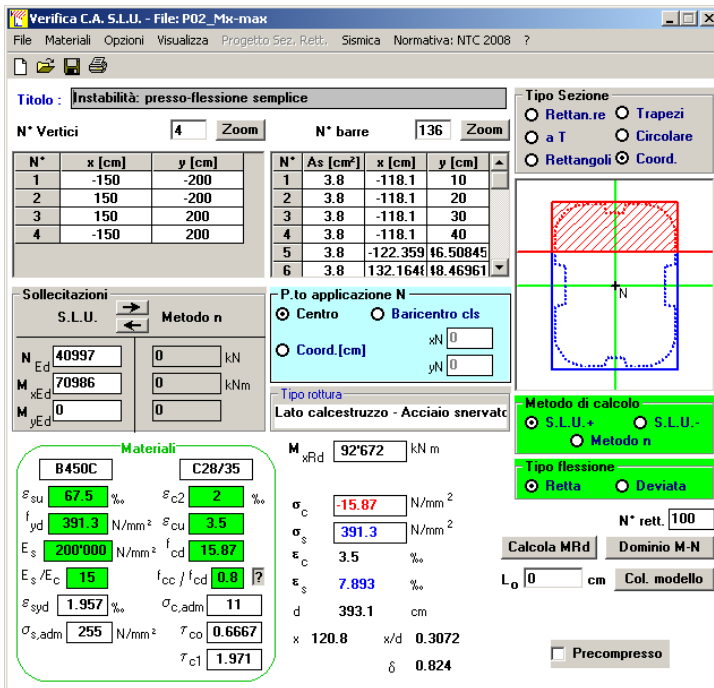
Precompresso

PILA 02

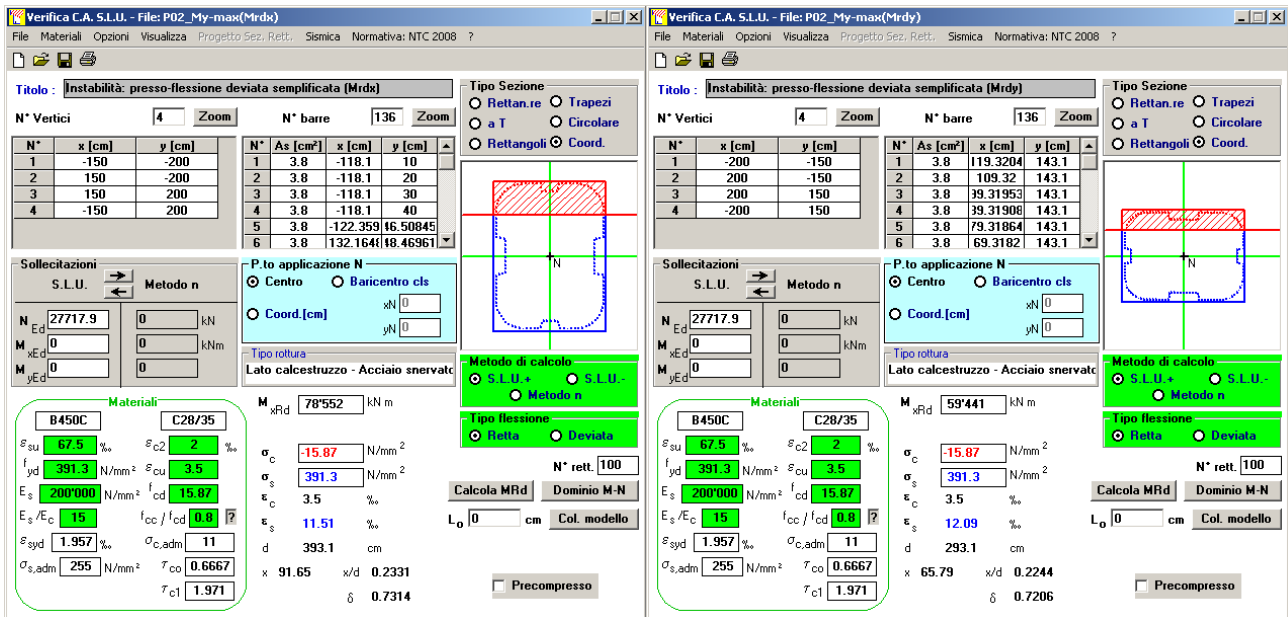
massimo sforzo assiale



massimo momento trasversale

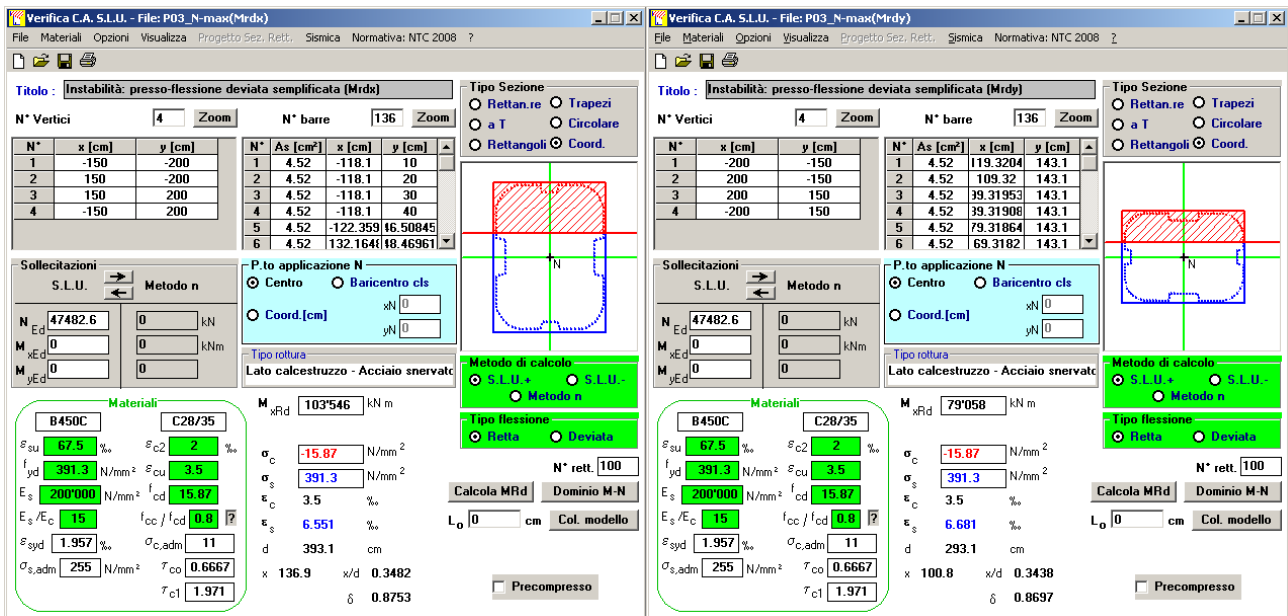


massimo momento longitudinale



PILA 03

massimo sforzo assiale



massimo momento trasversale

**Verifica C.A. S.L.U. - File: P03\_Mx-max(Mrds)**

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

N° Vertici: 4    Zoom    N° barre: 136    Zoom

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<sub>Ed</sub> 43197.8    0 kN  
 M<sub>Ed</sub> 0    0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0    0

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione:  Retta     Deviata

Materiali: B450C    C28/35

$\epsilon_{su}$  67.5%     $\epsilon_{c2}$  2%  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²     $\epsilon_{cu}$  3.5%  
 $E_s$  200'000 N/mm²     $f_{cd}$  15.87  
 $E_s/E_c$  15     $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957%     $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²     $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{c1}$  1.971

M<sub>xRd</sub> 99'957 kNm  
 $\sigma_c$  -15.87 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5%  
 $\epsilon_s$  7.274%  
 d 393.1 cm  
 x 127.7    x/d 0.3248  
 $\delta$  0.8461

Calcola MRd    Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello

Precompresso

**Verifica C.A. S.L.U. - File: P03\_Mx-max(Mrds)**

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	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	4.52	79.31864	143.1
6	4.52	69.3182	6	4.52	69.3182	143.1

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 43197.8    0 kN  
 M<sub>Ed</sub> 0    0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0    0

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione:  Retta     Deviata

Materiali: B450C    C28/35

$\epsilon_{su}$  67.5%     $\epsilon_{c2}$  2%  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²     $\epsilon_{cu}$  3.5%  
 $E_s$  200'000 N/mm²     $f_{cd}$  15.87  
 $E_s/E_c$  15     $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957%     $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²     $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{c1}$  1.971

M<sub>xRd</sub> 76'271 kNm  
 $\sigma_c$  -15.87 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5%  
 $\epsilon_s$  7.46%  
 d 293.1 cm  
 x 93.6    x/d 0.3193  
 $\delta$  0.8392

Calcola MRd    Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello

Precompresso

massimo momento longitudinale

**Verifica C.A. S.L.U. - File: P03\_My-max(Mrds)**

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

N° Vertici: 4    Zoom    N° barre: 136    Zoom

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<sub>Ed</sub> 28888.3    0 kN  
 M<sub>Ed</sub> 0    0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0    0

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione:  Retta     Deviata

Materiali: B450C    C28/35

$\epsilon_{su}$  67.5%     $\epsilon_{c2}$  2%  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²     $\epsilon_{cu}$  3.5%  
 $E_s$  200'000 N/mm²     $f_{cd}$  15.87  
 $E_s/E_c$  15     $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957%     $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²     $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{c1}$  1.971

M<sub>yRd</sub> 85'665 kNm  
 $\sigma_c$  -15.87 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5%  
 $\epsilon_s$  10.63%  
 d 393.1 cm  
 x 97.36    x/d 0.2477  
 $\delta$  0.7496

Calcola MRd    Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello

Precompresso

**Verifica C.A. S.L.U. - File: P03\_My-max(Mrds)**

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	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	4.52	79.31864	143.1
6	4.52	69.3182	6	4.52	69.3182	143.1

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 28888.3    0 kN  
 M<sub>Ed</sub> 0    0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0    0

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione:  Retta     Deviata

Materiali: B450C    C28/35

$\epsilon_{su}$  67.5%     $\epsilon_{c2}$  2%  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²     $\epsilon_{cu}$  3.5%  
 $E_s$  200'000 N/mm²     $f_{cd}$  15.87  
 $E_s/E_c$  15     $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957%     $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²     $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{c1}$  1.971

M<sub>yRd</sub> 64'996 kNm  
 $\sigma_c$  -15.87 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5%  
 $\epsilon_s$  11.24%  
 d 293.1 cm  
 x 69.61    x/d 0.2375  
 $\delta$  0.7369

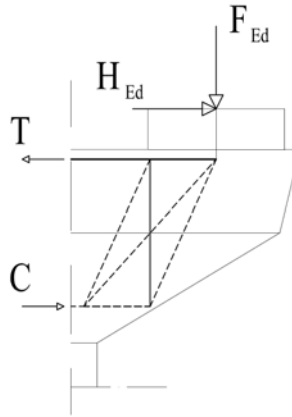
Calcola MRd    Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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	<b>12747</b>	
V	<b>520</b>	701	
	<b>P03-S</b>	<b>P03-D</b>	

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
$f_{yd}$	=	<b>391.3</b>	<b>391.3</b>	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	<b>14.55</b>	<b>14.55</b>	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

$a_c$	=	<b>1075</b>	1075	mm	distanza asse appoggio estradosso pila
B	=	<b>3000</b>	3000	mm	larghezza pulvino
$h_c$	=	<b>3200</b>	3200	mm	altezza pulvino
c	=	<b>125</b>	125	mm	copriferro (armatura su 2 strati distanti 150 mm)
s	=	<b>600</b>	600	mm	altezza dente estradosso pulvino
$b_1$	=	<b>1100</b>	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_2$	=	<b>1100</b>	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_{3,max}$	=	<b>390</b>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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)

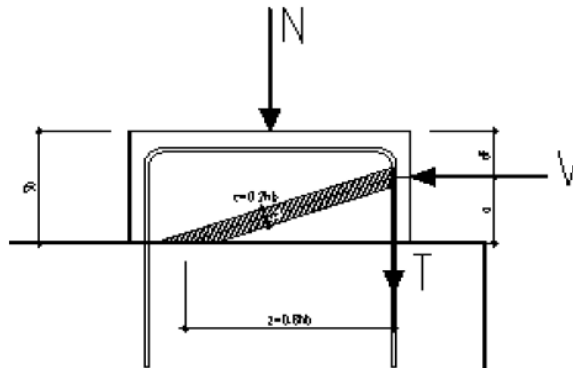
C	=	10198	6645	kN	risultante di compressione
T	=	10718	7346	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	2.76	1.80	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	5.26	8.08		
n	=	68	68		numero ferri superiore
$\emptyset$	=	26	26	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	36103.2	36103.2	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	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 <sup>2</sup>	armatura minima a taglio
$A_{sw}$	=	16239.0	15343.9	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
$\sigma_s$	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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
$\beta_1$	=	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 baggio
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggio
$b_{3,max}$	=	390	390	mm	altezza baggio (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	
$\alpha$	=	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
$\sigma_c$	=	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 <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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,  $\lambda$ , 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	=	<b>32</b> m	lunghezza palo
E	=	31447 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	<b>1500</b> mm	diametro palo
J	=	248504887637 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	<b>13000</b> kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	2250 mm	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	29250 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
$\lambda$	=	5.72 m	lunghezza elastica del palo
h	=	<b>0.00</b> m	altezza tratto libero
V <sub>max</sub>	=	<b>230.0</b> kN	taglio alla testa del palo
N	=	<b>2926</b> kN	sforzo assiale alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>658</b> kNm	massimo momento flettente

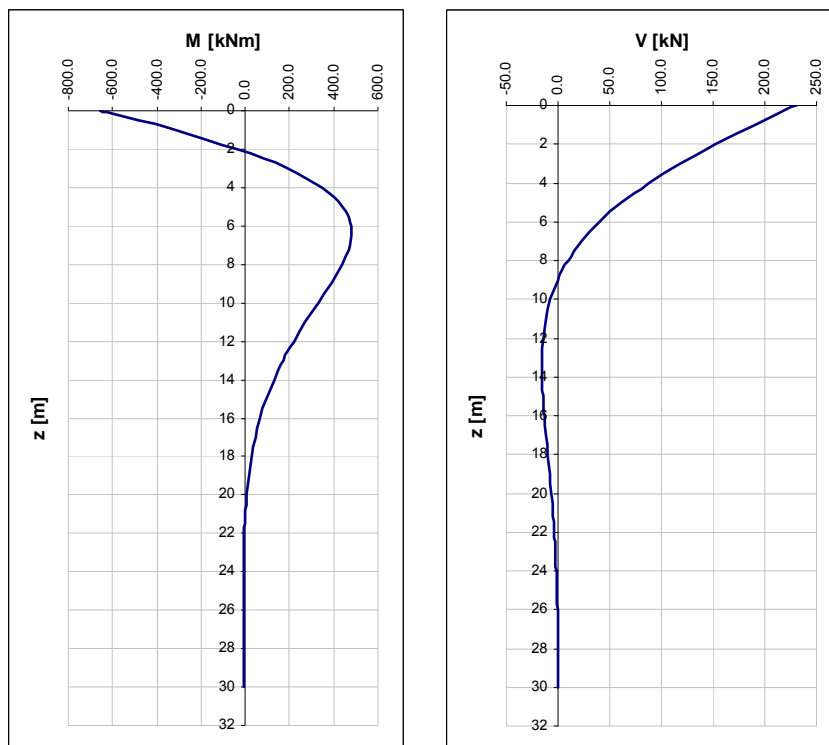


Figura 3: Sollecitazioni di Momento flettente e taglio

### 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 <sub>in</sub> [m]	Z <sub>fin</sub> [m]	L <sub>gabbia</sub> [m]	c' [cm]	Ø [mm]	n	s [cm]	M <sub>Ed</sub> [kN*m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>res</sub> [kN*m]	FS	
gabbia	-1.2	34	38	5	22	16	27.5	658	2926	2982	4.54	OK

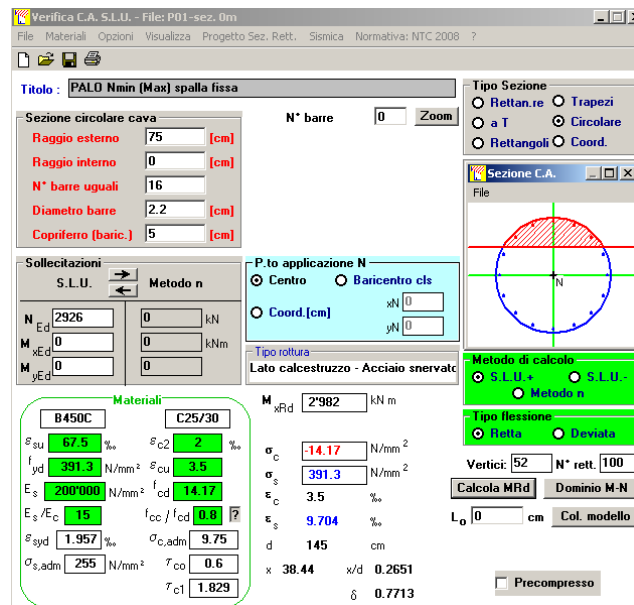


Figura 4: Verifica a presso-flessione

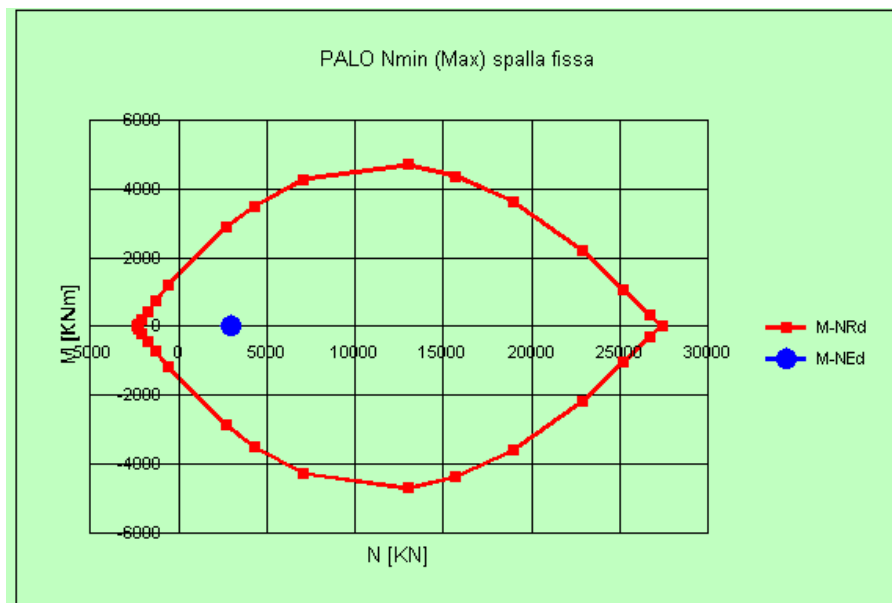


Figura 5: Dominio di resistenza

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

$\alpha_c$ : 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

$\alpha_{cc}$  = 0.85 coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata

$\gamma_c$  = 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 67 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

$\gamma_s$	=	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{yd}$	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>				
<b>D</b>	=	1500	mm	diametro palo
<b>c</b>	=	50	mm	copriferro
<b>d</b>	=	1450	mm	altezza utile
<b>b<sub>we</sub></b>	=	1350	mm	base equivalente
<b>d<sub>e</sub></b>	=	1123	mm	altezza utile equivalente
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
$n_l$	=	16		numero ferri longitudinali
$\varnothing_l$	=	22	mm	diametro ferri longitudinali
$A_{sl}$	=	6082	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
$A_c$	=	1767145.87	mm <sup>2</sup>	area sezione cls
<b>k</b>	=	1.42		
$\sigma_{cp}$	=	1.6558	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
$\rho_1$	=	0.00401	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
$V_{min}$	=	0.296		
<b>V<sub>rd</sub></b>	=	<b>933.69</b>	kN	taglio resistente
$V_{Sd}$	=	230	kN	taglio di calcolo
<b>FS</b>	=	4.06	ok	se >1 verifica soddisfatta
<b>Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio</b>				
$\varnothing_w$	=	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
$\alpha$	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
<b>s</b>	=	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>b<sub>we</sub></b>	=	1350.00	mm	larghezza minima sezione
$f_{cd}$	=	14.11	MPa	
$\nu$	=	0.5		coeff. di riduzione $f_{cd}$
$f'_{cd}$	=	7.06	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
$\omega_{sw}$	=	0.03098		% meccanica di armatura trasversale
$\alpha C$	=	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"
<b>V<sub>Rd</sub></b>	=	<b>1490.97</b>	kN	Resistenza a taglio
$V_{Sd}$	=	230	kN	taglio di calcolo
<b>FS</b>	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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  $\sigma_s$  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	
<b>Comb</b>	kN	kN	kNm	<b>Comb</b>	kN	kN	kNm
<b>Nmax</b>	5698	57	163	<b>Nmax</b>	4797	44	126
<b>Nmin</b>	2938	65	186	<b>Nmin</b>	3189	45	129
<b>Vmax</b>	2938	65	186	<b>Vmax</b>	3189	45	129

Tabella 2: Tensioni di riferimento

		comb.	comb.
		FREQUENTE	QUASI PERM.
<b>Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		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
<b>Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 69 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

<b>Frequente</b>	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	tutta compressa		se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok		

<b>Quasi Permanente</b>	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	tutta compressa		se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok		

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.

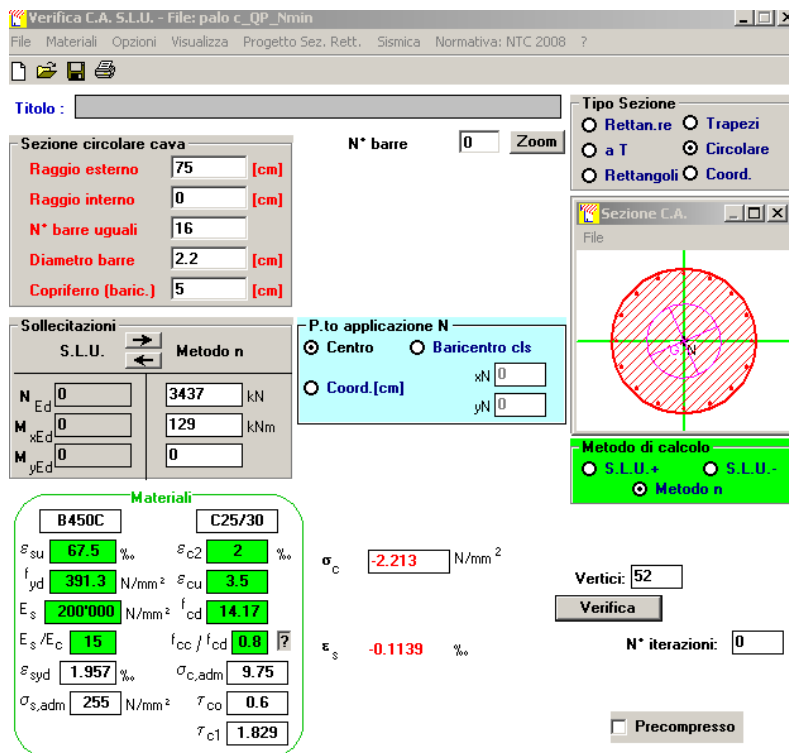


Figura 6: Stato tensione

### 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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
<b>Nmax</b>	6068	81	232	<b>Nmax</b>	4797	44	126
<b>Nmin</b>	2611	106	303	<b>Nmin</b>	3189	45	129
<b>Vmax</b>	2611	106	303	<b>Vmax</b>	3189	45	129

**Materiali**

Rck = 30 MPa resistenza caratteristica cubica  
f<sub>ck</sub> = 24.90 MPa resistenza caratteristica cilindrica  
f<sub>yk</sub> = 450.00 MPa resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

**Comb\_Nmax Comb\_Mmax**  
Rara Rara

**Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio**

$\sigma_c$  = 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  
verifica\_ok verifica\_ok  
se >1 verifica soddisfatta

**Comb\_Nmax Comb\_Mmax**  
Quasi perm. Quasi perm.

**Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio**

$\sigma_c$  = 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  
verifica\_ok verifica\_ok  
se >1 verifica soddisfatta

**Comb\_Nmin Comb\_Mmax**  
Rara Rara

**Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio**

$\sigma_s$  = 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  
verifica\_ok verifica\_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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>19.1</b>	<b>20.4</b>	<b>19.6</b>
peso saturo $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>19.1</b>	<b>20.4</b>	<b>19.6</b>
coesione non dren. $c_u$ (kPa)	<b>70</b>	<b>198</b>	<b>158</b>
coesione dren. $c'$ (kPa)	<b>12</b>	<b>36</b>	<b>26</b>
angolo attrito $\phi'$ (°)	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>22</b>

### 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:

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

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:

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

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

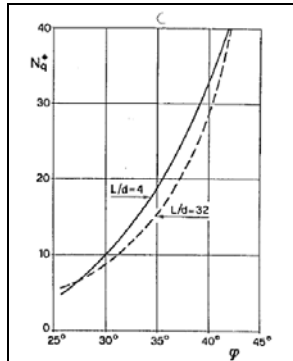
in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con  $\sigma_{vL}$  e con  $\sigma_{vL}'$  la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione  $\alpha$  sono stati ricavati in funzione della coesione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

$c_u$	$\alpha$
(kPa)	(-)
<25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
≥ 75	0.4

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

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

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



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

	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 73 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

il coefficiente  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema. I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj}$ , 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 $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_Q$	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 $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_f$	1,0	1,0

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale <sup>(*)</sup>	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	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  $\zeta$  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  $\zeta_3$ . 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	$\geq 10$
$\zeta_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\zeta_4$	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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	<b>6</b>	<b>32</b>	398.64	9958.162	7110.781
Pila2	6441	4107	1.5	<b>12</b>	<b>33</b>	410.33	10936.13	7358.107
Pila3	8828	5534	1.5	<b>9</b>	<b>38</b>	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  $\gamma_T$  da applicare alle resistenze caratteristiche riportati in tabella:

*Coefficienti parziali  $\gamma_T$  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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 75 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

L	=	<b>28.00</b>	m	lunghezza palo
M <sub>y</sub>	=	<b>2100</b>	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c <sub>u</sub>	=	160	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
Q <sub>lim,1</sub>	=	55620	kN	carico limite per palo corto
M <sub>max</sub>	=	841253	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
Q <sub>lim,2</sub>	=	20573	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	9.5	m	
M <sub>max</sub>	=	142163.4	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q <sub>lim,3</sub>	=	1602	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	1602.5	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	<b>1.5</b>		fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	1068.3	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ <sub>T</sub>	=	<b>1.30</b>		coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	<b>821.8</b>	kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>		<b>230</b>	kN	azione trasversale testa palo
FS		<b>3.57</b>	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	<b>12130</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	<b>21220</b>	kN	massimo carico verticale allo S.L.U. in esercizio
K <sub>e</sub>	<b>5.30</b>	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	<b>3546</b>	kN/mm	rigidezza verticale
d	<b>0.300</b>	m	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>q</sub>	<b>0.900</b>	m	diametro dell'elastomero
W	<b>1049</b>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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		
				<b>9285</b>					

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		
				<b>17826</b>					

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <sub>Q6,x</sub>	0.014	0.074	0.046	0.046	0.048	0.049	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
d <sub>Q6,y</sub>	0.023	0.047	0.037	0.037	0.035	0.035	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
d <sub>E2,x</sub>	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d <sub>E3,x</sub>	0.003	0.021	0.002	0.002	0.014	0.014	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d <sub>E,tot</sub>	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 <sub>E2,x</sub>	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d <sub>E3,x</sub>	0.003	0.021	0.002	0.002	0.014	0.014	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d <sub>Q1,y</sub>	0.001	0.009	0.015	0.015	0.007	0.002	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
d <sub>Q5,y</sub>	0.007	0.057	0.063	0.063	0.060	0.060	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al vento
d <sub>E,tot</sub>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

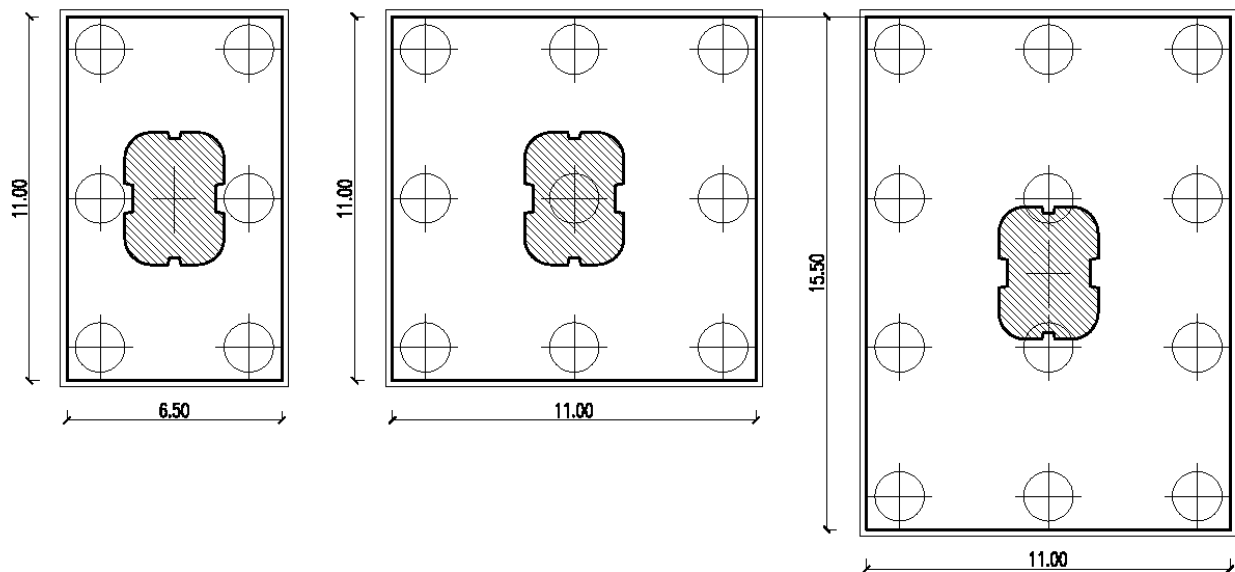


Figura 7: plinto di Fondazione

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 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*).

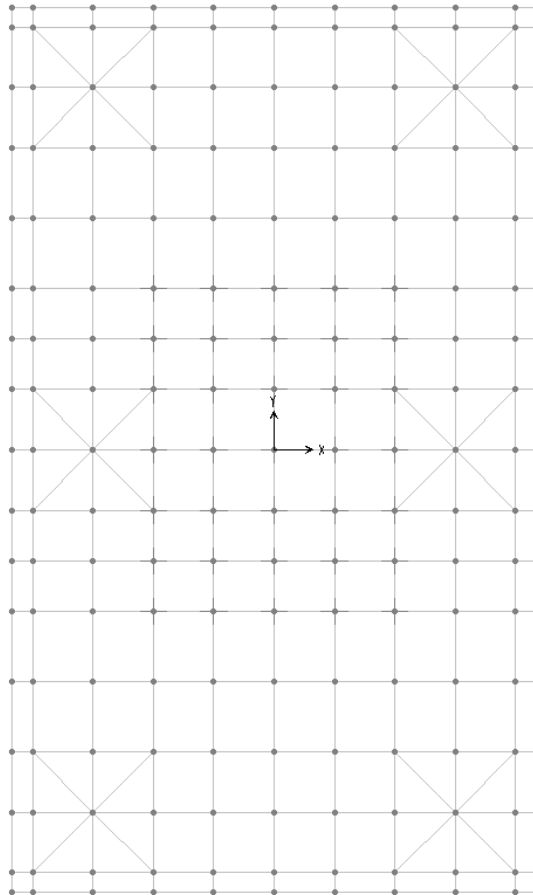


Figura 8: Modello agli elementi finiti del plinto P01 carreggiata SX

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 80 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

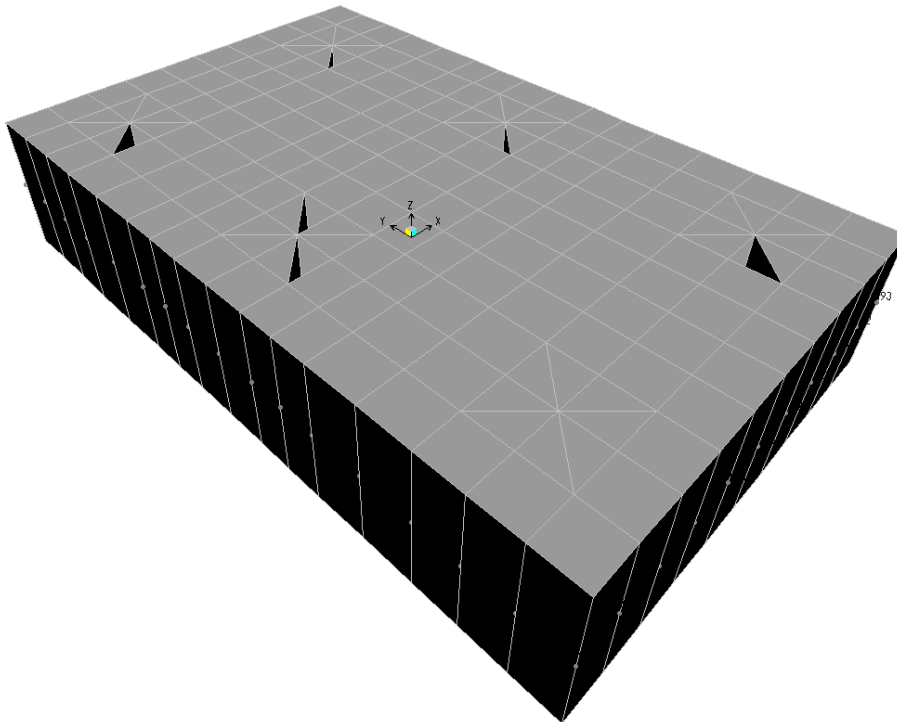


Figura 9: Vista 3d del modello agli elementi finiti

### 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 82 di 128
	Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

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

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 83 di 128
	Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

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

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

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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/m<sup>3</sup>.

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.

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 89 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

### 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.

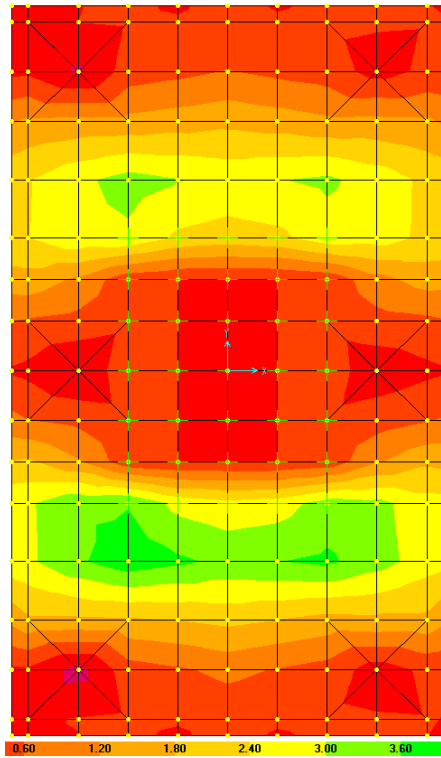


Figura 10: Momento longitudinale  $M_{22}=M_y$

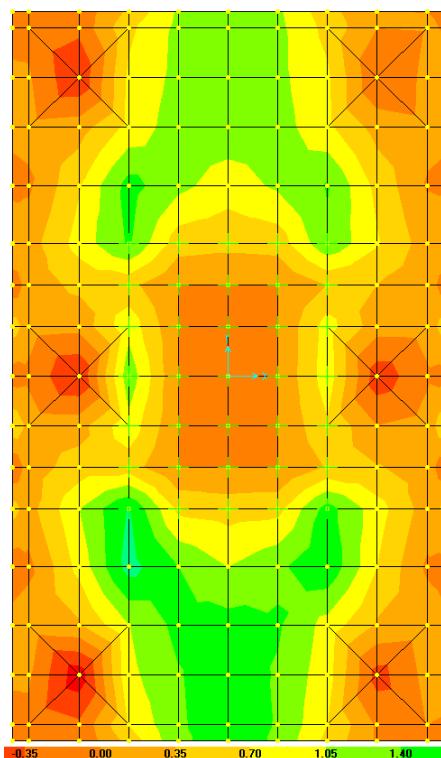
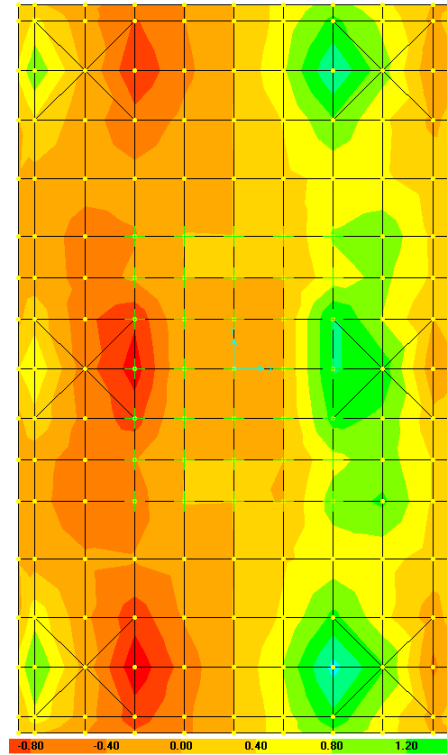
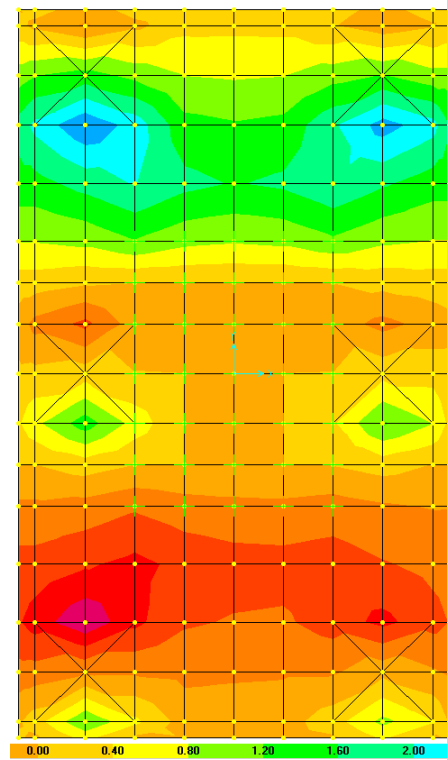


Figura 11: Momento trasversale  $M_{11}=M_x$



**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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]				
<b>Arm-inf</b>	10 $\Phi$ 24	45.2	3961	4258	1.07	OK	momento trasversale My+=M22	
<b>Arm-sup</b>	5 $\Phi$ 20	15.7	100	1490	14.90	OK	momento trasversale My-=M22-	

#### Momento longitudinale M11=Mx

<b>Arm-inf</b>	5 $\Phi$ 24	22.6	1886	2141	1.14	OK	momento longitudinale Mx+=M11+	
<b>Arm-sup</b>	5 $\Phi$ 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

$\alpha_c$ : 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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	=	<b>2600</b>	<b>3100</b>	kN	taglio
N	=	<b>0</b>	<b>0</b>	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
$\gamma_c$	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$\gamma_s$	=	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 <sup>2</sup>	armatura longitudinale
$\rho_l$	=	0.00244	0.00244		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
$v_{min}$	=	0.3	0.3		
$\sigma_{cp}$	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.0	MPa	tensione media di compressione adottata ( $\leq 0.2f_{cd}$ )
$V_{Rd}$	=	<b>725.9</b>	<b>725.9</b>	kN	taglio resistente
FS	=	0.3	0.2		
check	=	<b>NO</b>	<b>NO</b>		

**Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio**

$\varnothing_w$	=	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 <sup>2</sup>	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta (V)$	=	17.4	14.6		
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5		
$\Theta$	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
$V_{Rsd}$	=	<b>3903.33</b>	<b>3903.33</b>	kN	taglio resistente armatura
$a_c$	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
$f_{cd}$	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
$V_{Rcd}$	=	<b>12963.6</b>	<b>12963.6</b>	kN	taglio resistente calcestruzzo
$V_{Rd}$	=	<b>3903.3</b>	<b>3903.3</b>	kN	taglio resistente sezione
FS	=	1.5	1.3		
check	=	<b>OK</b>	<b>OK</b>		

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <sub>ck</sub>	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f <sub>ctm</sub>	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f <sub>ctd</sub>	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E <sub>c</sub>	=	32588	32588	32588	32588	MPa	modulo di Young
Acciaio							
E <sub>s</sub>	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Busita II</b>	
	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 <sub>s1</sub>	=	1571	4524	1571	4524	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	4524	1571	4524	1571	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI							
M	=	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 <sub>n</sub>	=	2006	2230	2006	2230	mm	ordinata asse neutro
A	=	585850	361382	585850	361382	mm <sup>2</sup>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
$\sigma_c$	=	-1.95	-0.22	-4.06	-0.33	MPa	tensione calcestruzzo
$\sigma_s$	=	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
$\gamma_c$	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	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
$\gamma_s$	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <sub>s1</sub>	=	1571	4524	1571	4524	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	4524	1571	4524	1571	mm <sup>2</sup>	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 <sub>n</sub>	=	2006	2230	2006	2230	mm	ordinata asse neutro
A	=	585850	361382	585850	361382	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	304451294695	121821133048	304451294695	121821133048	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
σ <sub>c</sub>	=	-1.51	-0.49	-3.12	-0.24	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>s</sub>	=	89.60	59.05	184.99	29.53	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
sezione tesa							
M <sub>fess</sub>	=	2752.9	2664.0	2752.9	2664.0	kNm	momento di fessurazione
FS=M <sub>fess</sub> /M <sub>Sd</sub>	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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	
<b>MATERIALI</b>						
<b>Calcestruzzo</b>						
$R_{ck}$	=	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	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
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	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
<b>Acciaio</b>						
$E_s$	=	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
$n$	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	coefficiente di omogeneizzazione
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>						
$B$	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm larghezza
$H$	=	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	mm altezza
$c'$	=	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	mm copriferro
<b>ARMATURA</b>						
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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Busita II</b>	
	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 <sub>s1</sub>	=	1571	4524	1571	4524	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	4524	1571	4524	1571	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI							
		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 <sub>n</sub>	=	2006	2230	2006	2230	mm	ordinata asse neutro
A	=	585850	361382	585850	361382	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	304451294695	121821133048	304451294695	121821133048	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
<b>Verifica tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>							
σ <sub>c</sub>	=	-2.09	-0.24	-4.37	-0.33	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>c,max</sub>	=	-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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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
<b>Verifica tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</b>							
$\sigma_s$	=	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
		<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>		
		<b>Quasi Perm.</b>	<b>Quasi Perm.</b>	<b>Quasi Perm.</b>	<b>Quasi Perm.</b>		
		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
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	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
$\gamma_s$	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <sub>s1</sub>	=	1571	4524	1571	4524	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	4524	1571	4524	1571	mm <sup>2</sup>	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 <sub>n</sub>	=	2006	2230	2006	2230	mm	ordinata asse neutro
A	=	585850	361382	585850	361382	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	304451294695	121821133048	304451294695	121821133048	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
<b>Verifica tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>							
σ <sub>c</sub>	=	-1.51	-0.49	-3.12	-0.24	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>c,max</sub>	=	-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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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*).

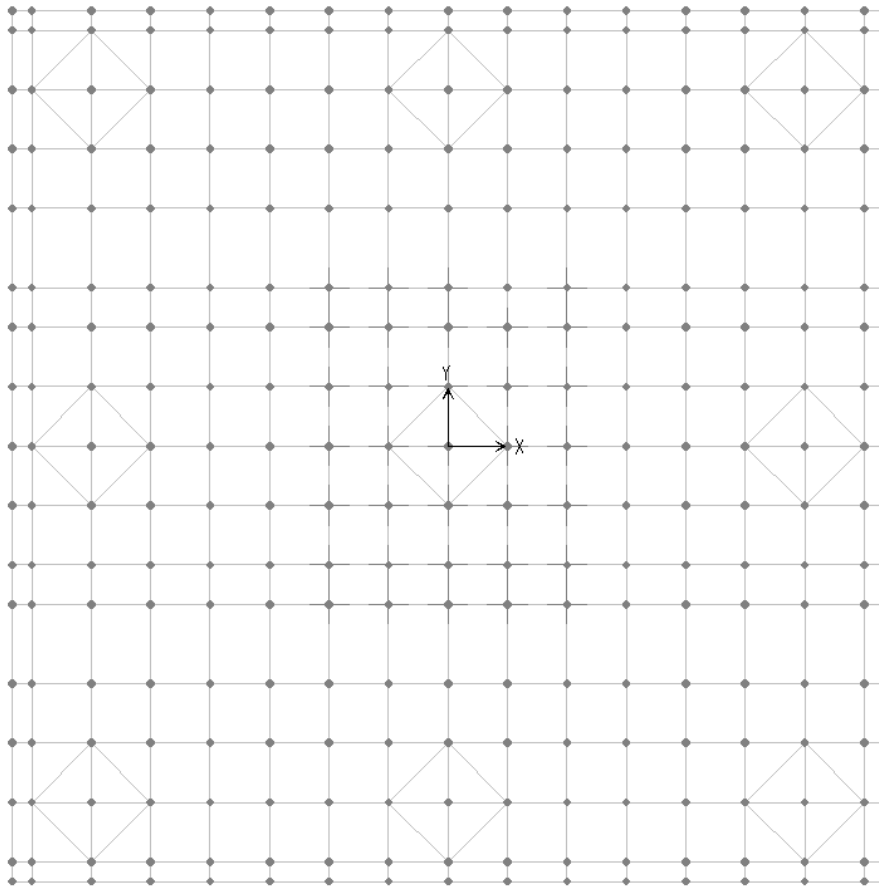


Figura 14: Modello agli elementi finiti Plinto P03 carreggiata DX

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 102 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

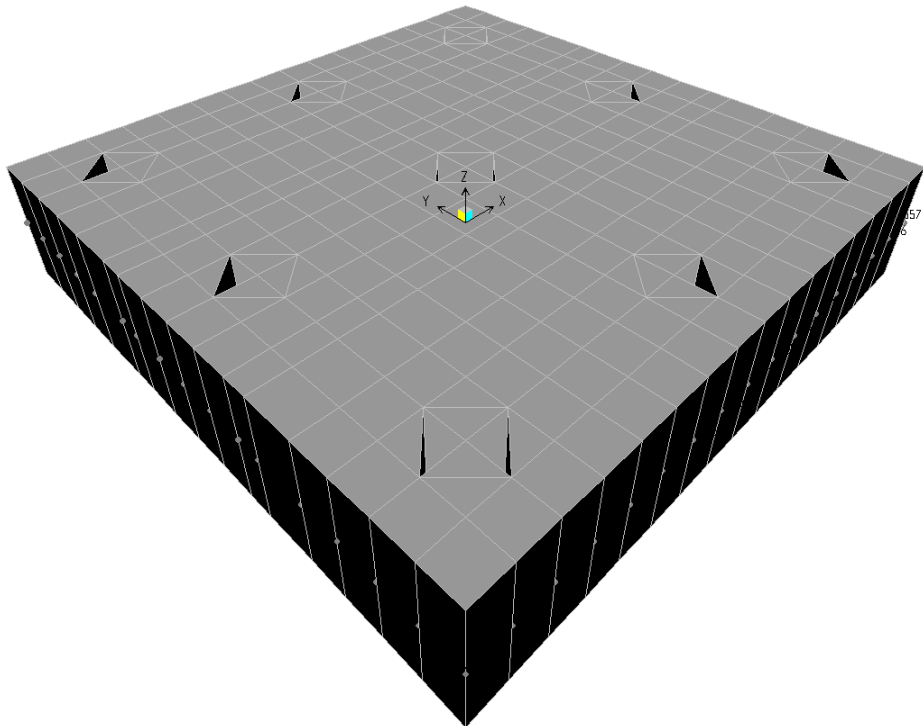


Figura 15: Vista 3d del modello agli elementi finiti

### 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

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

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 105 di 128
	Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 110 di 128
	Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

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



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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 111 di 128
	Nome file: VI07-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

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

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

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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/m<sup>3</sup>.

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.

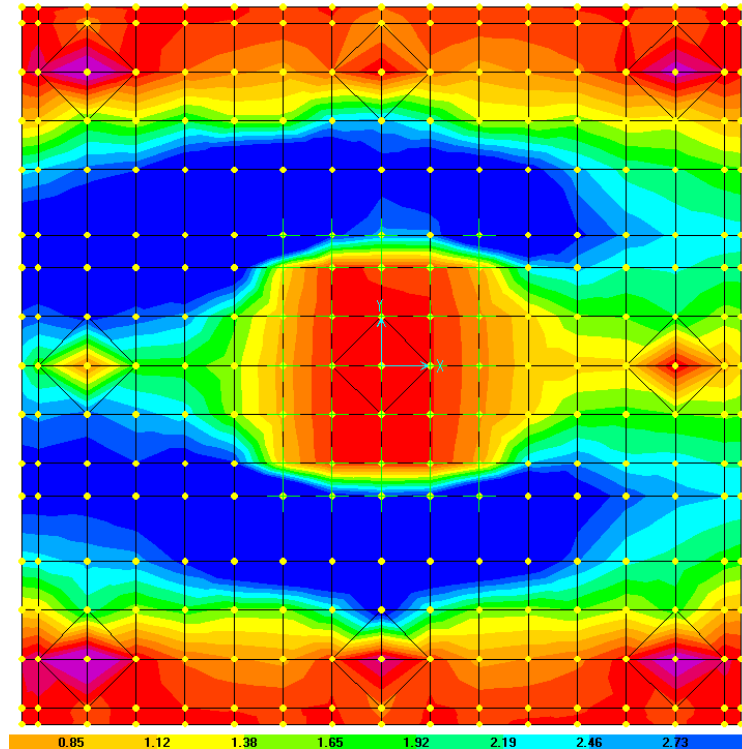


Figura 16: Momento longitudinale  $M_{22}=M_y$

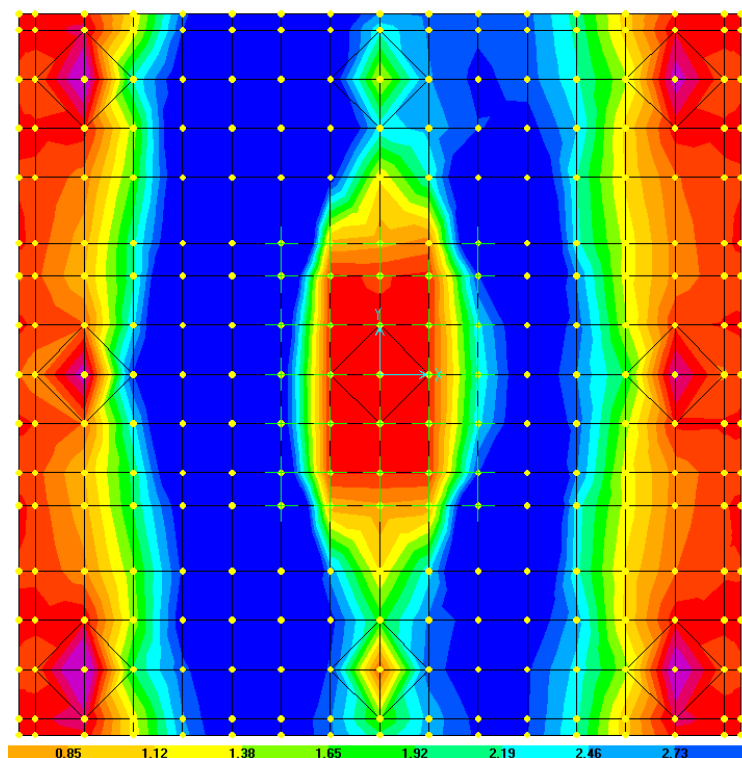


Figura 17: Momento trasversale  $M_{11}=M_x$

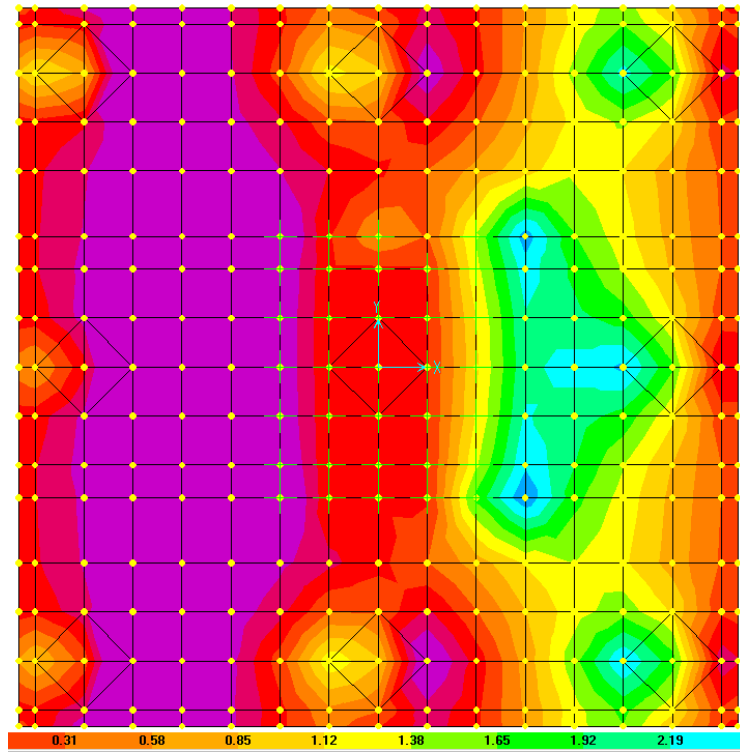


Figura 18: Taglio longitudinale V13=Fx

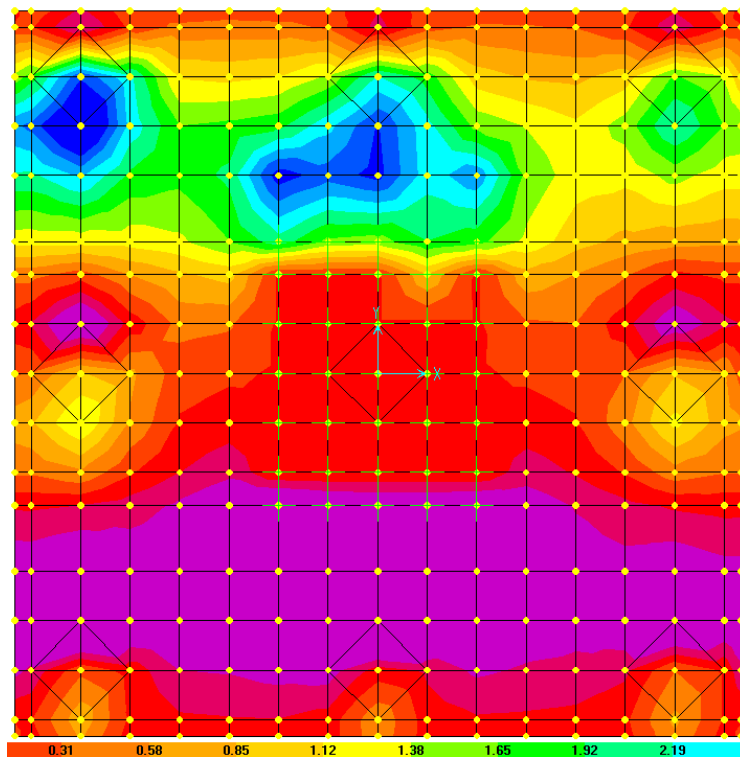


Figura 19: Taglio trasversale V23=Fx

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]						
<b>Momento trasversale M22=My</b>													
<b>Arm-inf</b>	10	Φ	26	+	5	Φ	22	72.1	6400	6723	1.05	OK	momento trasversale My+=M22
<b>Arm-sup</b>	5	Φ	20	+	0	Φ	0	15.7	200	1489	7.45	OK	momento trasversale My-=M22-
<b>Momento longitudinale M11=Mx</b>													
<b>Arm-inf</b>	10	Φ	24	+	10	Φ	22	83.3	7500	7724	1.03	OK	momento longitudinale Mx+=M11+
<b>Arm-sup</b>	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

$\alpha_c$ : 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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	sfuerzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	2500	2500	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	2450	2450	mm	altezza utile
<b>Materiali</b>					
R <sub>ck</sub>	=	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>					
A <sub>sl</sub>	=	9896.0	8780.0	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
ρ <sub>l</sub>	=	0.00396	0.00351		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
v <sub>min</sub>	=	0.3	0.3		
σ <sub>cp</sub>	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo
σ <sub>cp,ad</sub>	=	0.0	0.0	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
V <sub>Rd</sub>	=	853.2	819.8	kN	taglio resistente
FS	=	0.2	0.2		
check	=	NO	NO		
<b>Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio</b>					
Ø <sub>w</sub>	=	24	24	mm	diametro armatura resistente a taglio
a	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	500	500	mm	interasse armature a taglio
n <sub>br</sub>	=	2.0	2.0		numero bracci armatura trasversale
A <sub>sw</sub>	=	904.78	904.78	mm <sup>2</sup>	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 <sub>Rsd</sub>	=	3903.33	3903.33	kN	taglio resistente armatura
a <sub>c</sub>	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
f <sub>cd</sub>	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
V <sub>Rcd</sub>	=	12963.6	12963.6	kN	taglio resistente calcestruzzo
V <sub>Rd</sub>	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <sub>ck</sub>	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f <sub>ctm</sub>	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f <sub>ctd</sub>	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E <sub>c</sub>	=	32588	32588	32588	32588	MPa	modulo di Young
Acciaio							
E <sub>s</sub>	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 120 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

GEOMETRIA SEZIONE

B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	larghezza
H	=	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	mm	altezza
c'	=	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	mm	copriferro

ARMATURA

numero barre

n1 (superiore)	=	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>		numero barre strato 1
n2	=		<b>5</b>		<b>5</b>		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	=	<b>5</b>		<b>5</b>			numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>		numero barre strato 8

diametro barre

Ø1	=	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	mm	diametro barre strato 1
Ø2	=		<b>22</b>		<b>22</b>	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	=	<b>22</b>		<b>22</b>		mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	mm	diametro barra strato 8

ordinate barre

y1	=	<b>2460</b>	<b>2460</b>	<b>2460</b>	<b>2460</b>	mm	ordinata barre strato 1
y2	=		<b>2430</b>		<b>2430</b>	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	=	<b>70</b>		<b>70</b>		mm	ordinata barre strato 7
y8	=	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	mm	ordinata barre strato 8

area barre

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

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		
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 <sub>n</sub>	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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 <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	409321520049	124197921763	450317644668	124720238804	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
$\sigma_c$	=	-5.84	-0.20	-4.86	-0.40	MPa	tensione calcestruzzo
$\sigma_s$	=	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
$\alpha_e$	=	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 <sup>2</sup>	area efficace calcestruzzo teso
$A_s$	=	6425	----	7210	----	mm <sup>2</sup>	area di armatura tesa
$\rho_{eff}$	=	0.0526	----	0.0602	----		
$k_t$	=	0.4	----	0.4	----		(=0.6 per carichi di breve durata; =0.4 per carichi di lunga durata)
$\epsilon_{sm}$	=	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)
$\epsilon_1$	=	0.000595	----	0.000462	----		deformazione massima di trazione
$\epsilon_2$	=	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
$\gamma_c$	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Busita II</b>	
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx	
	Pagina 122 di 128	
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc	

$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>		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							
$E_s$	=	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	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	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>		coefficiente di omogeneizzazione

GEOMETRIA SEZIONE

B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	larghezza
H	=	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	mm	altezza
c'	=	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	mm	copriferro

ARMATURA

numero barre

n1 (superiore)	=	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>		numero barre strato 1
n2	=		<b>5</b>		<b>5</b>		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	=	<b>5</b>		<b>5</b>			numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>		numero barre strato 8

diametro barre

$\emptyset 1$	=	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	mm	diametro barre strato 1
$\emptyset 2$	=		<b>22</b>		<b>22</b>	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
$\emptyset 7$	=	<b>22</b>		<b>22</b>		mm	diametro barra strato 7
$\emptyset 8$	=	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	mm	diametro barra strato 8

ordinate barre

y1	=	<b>2460</b>	<b>2460</b>	<b>2460</b>	<b>2460</b>	mm	ordinata barre strato 1
y2	=		<b>2430</b>		<b>2430</b>	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	=	<b>70</b>		<b>70</b>		mm	ordinata barre strato 7
y8	=	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	mm	ordinata barre strato 8

area barre

$A_{s1}$	=	1571	4524	1571	5309	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
$A_{s2}$	=	0	1901	0	1901	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
$A_{s3}$	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
$A_{s4}$	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
$A_{s5}$	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	Relazione di Calcolo Pile_carr_dx
	Pagina 123 di 128
	Nome file: V107-C-CL005-C00_relazione_calcolo_pile_dx.doc

A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	1901	0	1901	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	4524	1571	5309	1571	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	<b>3500</b>	<b>120</b>	<b>2860</b>	<b>160</b>	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	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 <sub>n</sub>	=	1921	2246	1890	2253	mm	ordinata asse neutro
A	=	699064	373802	741362	378992	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	409321520049	124197921763	450317644668	124720238804	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
σ <sub>c</sub>	=	-4.95	-0.25	-3.87	-0.32	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>s</sub>	=	241.24	31.97	176.28	42.58	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
sezione tesa							
M <sub>fess</sub>	=	2859.6	2711.2	2903.7	2729.9	kNm	momento di fessurazione
FS=M <sub>fess</sub> /M <sub>sd</sub>	=	0.8	22.6	1.0	17.1		check ok se >1
α <sub>e</sub>	=	6.321	----	----	----	MPa	rapporto tra i moduli elastici
d	=	2451	----	----	----	mm	altezza utile della sezione
h <sub>c,eff</sub>	=	122	----	----	----	mm	altezza area efficace calcestruzzo teso
A <sub>c,eff</sub>	=	122188	----	----	----	mm <sup>2</sup>	area efficace calcestruzzo teso
A <sub>s</sub>	=	6425	----	----	----	mm <sup>2</sup>	area di armatura tesa
ρ <sub>eff</sub>	=	0.0526	----	----	----		
k <sub>t</sub>	=	0.4	----	----	----		(=0.6 per carichi di breve durata; =0.4 per carichi di lunga durata)
ε <sub>sm</sub>	=	0.00103	----	----	----		deformazione unitaria media delle barre
Ø	=	23	----	----	----		diametro equivalente delle barre tese
k <sub>1</sub>	=	0.8	----	----	----		(=0.8 per barre ad aderenza migliorata; =1.6 per barre lisce)
ε <sub>1</sub>	=	0.000504	----	----	----		deformazione massima di trazione
ε <sub>2</sub>	=	0.0	----	----	----		deformazione minima di trazione
k <sub>2</sub>	=	0.5	----	----	----		fattore di forma diagramma delle deformazioni
k <sub>3</sub>	=	3.4	----	----	----		(posto dalle NTC pari a 3.4)
k <sub>4</sub>	=	0.425	----	----	----		(posto dalle NTC pari a 0.425)
c	=	28	----	----	----	mm	ricoprimento armatura
s	=	100	----	----	----	mm	distanza tra le barre
Δ <sub>s,max</sub>	=	170.8	----	----	----	mm	distanza massima tra le fessure
w <sub>d</sub>	=	0.176	----	----	----	mm	apertura di calcolo delle fessure
w <sub>max</sub>	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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	
<b>MATERIALI</b>						
<b>Calcestruzzo</b>						
$R_{ck}$	=	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	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
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	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
<b>Acciaio</b>						
$E_s$	=	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
$n$	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	coefficiente di omogeneizzazione
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>						
$B$	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm larghezza
$H$	=	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	mm altezza
$c'$	=	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	mm copriferro
<b>ARMATURA</b>						
numero barre						
$n1$ (superiore)	=	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>	
	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 <sub>s1</sub>	=	1571	4524	1571	5309	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	3801	0	3801	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	3801	0	3801	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	4524	1571	5309	1571	mm <sup>2</sup>	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	sforzio 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 <sub>n</sub>	=	1852	2259	1826	2265	mm	ordinata asse neutro
A	=	796806	389064	834565	394904	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	503279717221	125092749358	541387732140	125552926329	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
<b>Verifica tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>							
σ <sub>c</sub>	=	-5.54	-0.29	-4.73	-0.24	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>c,max</sub>	=	-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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Busita II</b>
	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

$\sigma_s$	=	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.	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
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	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
$\gamma_s$	=	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							
$\varnothing 1$	=	20	24	20	26	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing 2$	=		22		22	mm	diametro barra strato 2
$\varnothing 3$	=					mm	diametro barra strato 3
$\varnothing 4$	=					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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Busita II</b>			
	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 <sub>s1</sub>	=	1571	4524	1571	5309	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	3801	0	3801	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	3801	0	3801	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	4524	1571	5309	1571	mm <sup>2</sup>	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 <sub>n</sub>	=	1852	2259	1826	2265	mm	ordinata asse neutro
A	=	796806	389064	834565	394904	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	503279717221	125092749358	541387732140	125552926329	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
<b>Verifica tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>							
σ <sub>c</sub>	=	-4.51	-0.23	-3.56	-0.30	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>c,max</sub>	=	-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