

# ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

## PA 12/09

### CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

### ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

### S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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

### Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

## PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



## OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

### Viadotto Santuzza II

### Relazione di calcolo Pile - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 5 3 V I 2 1 0 V I 1 0 C C L 0 0 5 B Scala: -

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

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

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

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza  
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:





CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 1 di 95
	Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.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>	12
2.2.5	<i>Carichi mobili (q1)</i>	12
2.2.6	<i>Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)</i>	13
2.2.7	<i>Azione di frenatura/accelerazione (q3)</i>	13
2.2.8	<i>Forza centrifuga (q4)</i>	14
2.2.9	<i>Azione di neve, vento (q5)</i>	14
2.2.10	<i>Azione sismica (q6)</i>	15
2.2.11	<i>Resistenza parassita dei vincoli (q7)</i>	17
2.3	RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO	17
<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>	19
3.1.2	<i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i>	19
3.1.3	<i>Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata</i>	21
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO	21
3.3	SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	22
3.3.1	<i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i>	22
3.3.2	<i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i>	24
3.3.3	<i>Sollecitazioni sulla palificata</i>	27
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE</b>	<b>47</b>
4.1	S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE	47
4.2	S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO	50
4.3	S.L.E. – FESSURAZIONE	52
4.4	S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI	53
<b>5</b>	<b>EFFETTI DEL SECONDO ORDINE</b>	<b>55</b>
5.1	METODO DELLA CURVATURA NOMINALE	55
5.1.1	<i>Valutazione della snellezza</i>	55
5.1.2	<i>Viscosità</i>	56
5.1.3	<i>Momenti flettenti</i>	56
5.1.4	<i>Curvatura</i>	57
5.1.5	<i>Flessione deviata</i>	57
5.2	VERIFICA ALL'INSTABILITÀ	59
5.2.1	<i>Verifica di resistenza per l'instabilità. Momenti di calcolo al secondo ordine</i>	59

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

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

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

# 1 GENERALITÀ

## 1.1 INTRODUZIONE

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

## 1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO

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

<b>Carreggiata SX</b>	
Numero campata	L [m]
1	35
2	50.5
3	50.48
4	50.46
5	35

<b>Carreggiata DX</b>	
Numero campata	L [m]
1	35
2	50.5
3	51.13
4	51.09
5	51.1
6	51
7	35.1

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

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

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

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

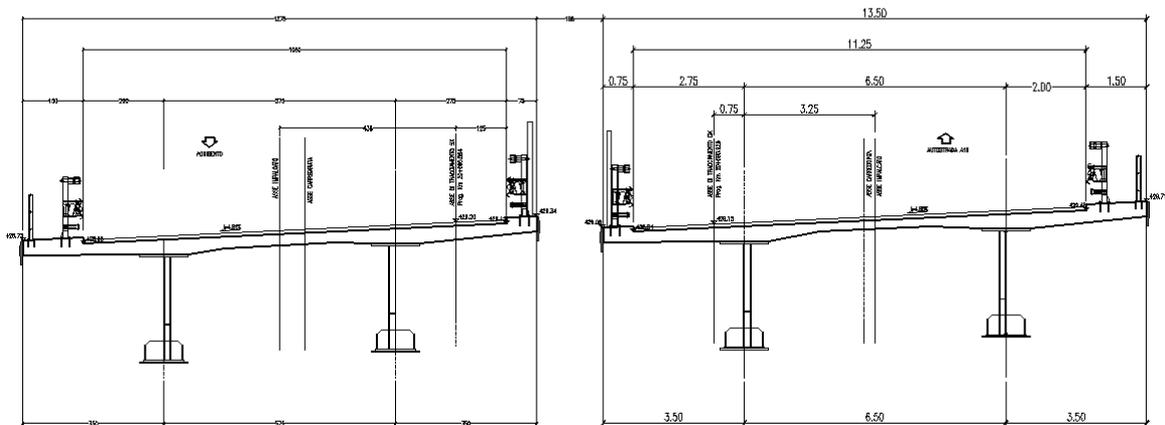
La soletta in calcestruzzo presenta larghezza complessiva di 12.75 m per la carreggiata SX mentre, sulla carreggiata DX è larga 13.50m. Essa, si presenta con spessore variabile, pari a 370 mm in asse travi e 270 mm in asse impalcato. Il getto delle solette sarà effettuato mediante casseri autoportanti.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

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

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

SEZIONE CAMPATA (SINISTRA DESTRA)

Scala 1:50

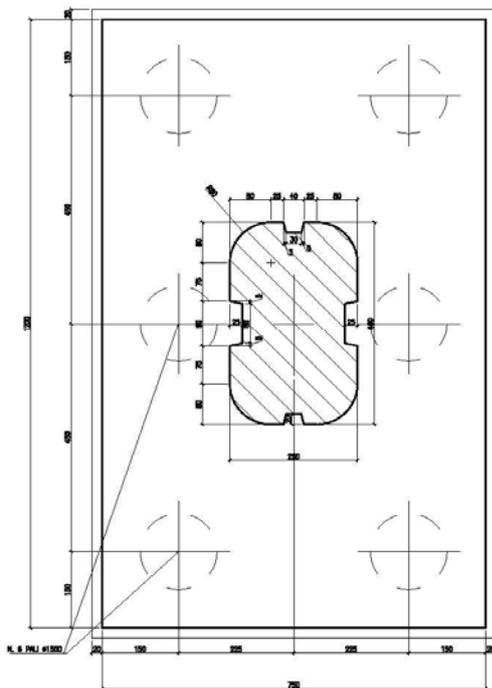


Le pile sono realizzate in c.a. Esse presentano una sagoma cruciforme e sono costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo di dimensioni 4.00 m x 2.50 m sulla carreggiata SX e 4.75m x 2.50m sulla DX, e da un pulvino a sezione variabile che si allarga seguendo una curva circolare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

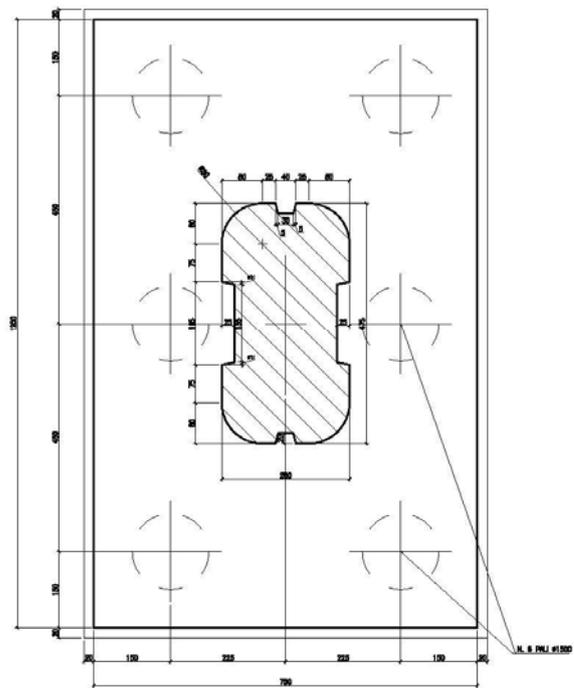
Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro. In particolare la palificata è costituita da 6 pali di diametro Ø1500 mm, posti ad interasse di 4.50 m. I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50m a pianta rettangolare.

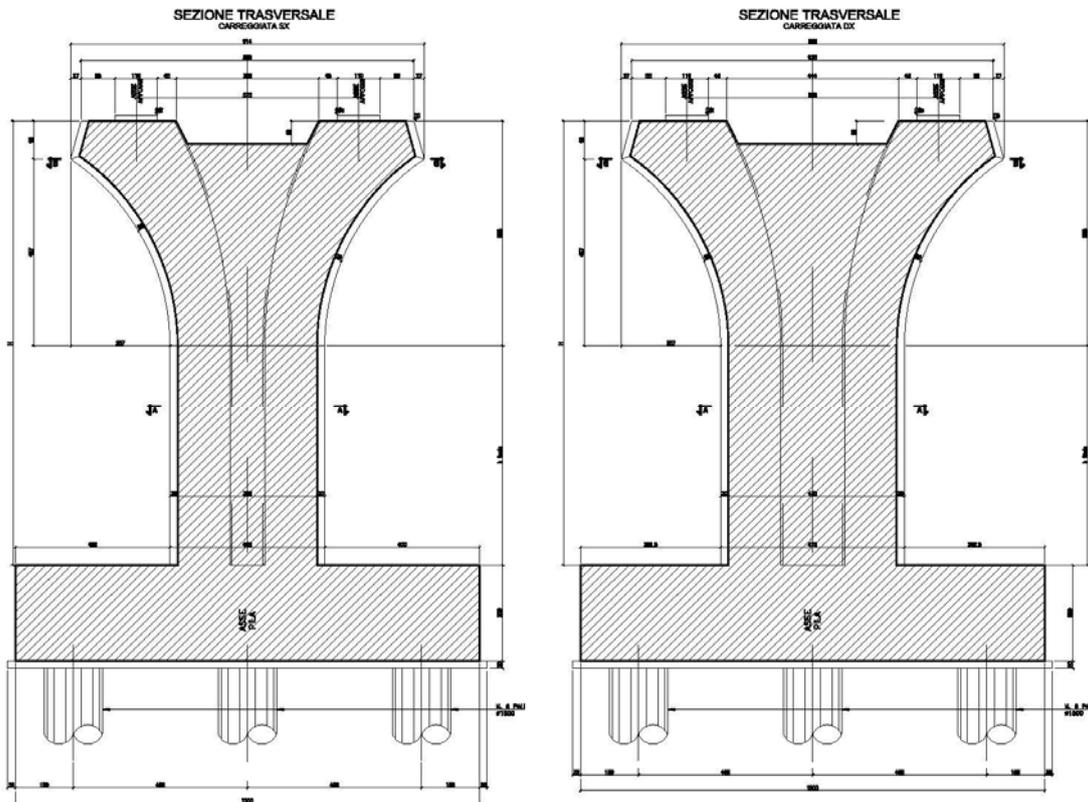
Nelle seguenti figure si illustra la geometria delle pile delle due carreggiate attraverso la pianta spiccato e una sezione trasversale.

PIANTA SPICCATO  
 CARREGGIATA SX



PIANTA SPICCATO  
 CARREGGIATA DX





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

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

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

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

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

### 1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 1.3.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

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

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

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

#### 1.3.2 Calcestruzzo

##### CALCESTRUZZO PALI C25/30

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

##### CALCESTRUZZO ZATTERA PILE C25/30

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

### CALCESTRUZZO ELEVAZIONE PILE E PULVINO C28/35

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

### CALCESTRUZZO SOLETTA IMPALCATO C32/40

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

### CALCESTRUZZO BAGGIOLI C35/45

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

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

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

#### ACCIAIO PER C.A. B450C

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

### 1.4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

In dettaglio si sono prese in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

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

## 2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

### 2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

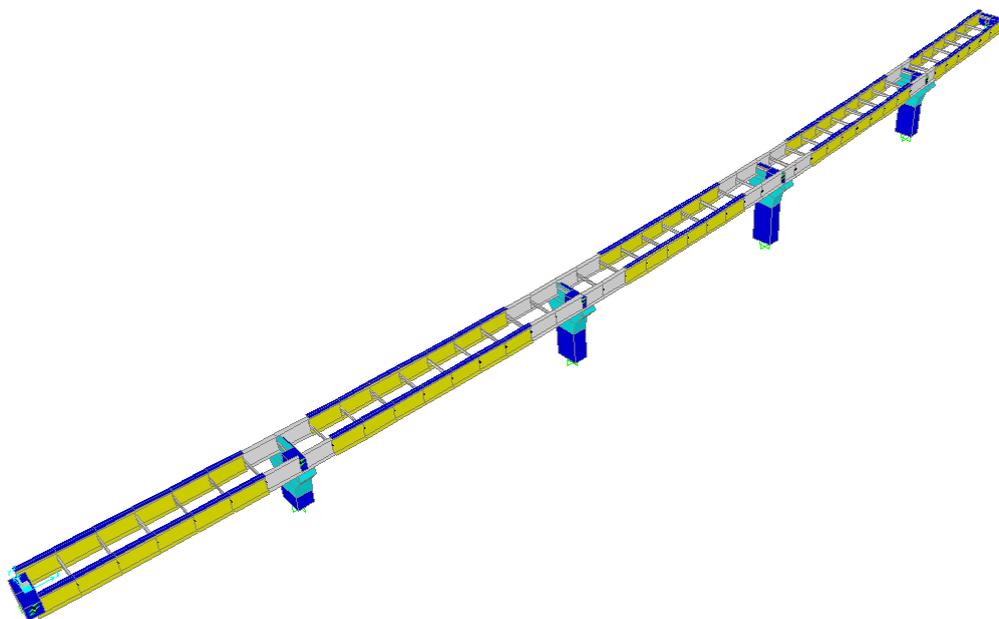
Tutte le membrature costituenti l'impalcato (travi longitudinali, trasversi) sono stati simulati attraverso elementi finiti del tipo beam a sei gradi di libertà per nodo. Con lo stesso tipo di elementi sono state modellate le pile del viadotto. Queste ultime sono state vincolate al piede – in corrispondenza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

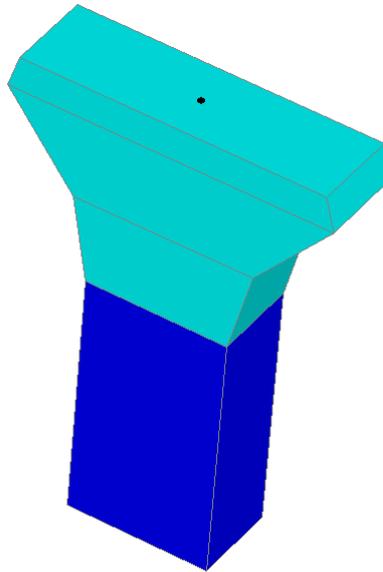
$$K_e = 3.03 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$
$$K_v = 2814 \text{ kN/mm (rigidezza verticale);}$$

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

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

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





### 2.1.1 Calcolo della rigidezza effettiva delle pile

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

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

dove:

$M_{\text{Rd}}$  = 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 (g<sub>1</sub>)

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

g <sub>1.1</sub>	=	2 kPa	incidenza carpenteria metallica
B	=	12.75 m	larghezza impalcato
n	=	2	numero travi
g <sub>1.1</sub>	=	12.75 kN/m	peso carpenteria metallica su ciascuna trave

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

### Peso proprio della soletta e cordoli (g<sub>1.2</sub>) – CARREGGIATA SX

A	=	3.97 mq	area sezione trasversale soletta
$\gamma$	=	25 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo

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

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

Il peso delle pile è valutato automaticamente dal codice di calcolo sulla base dell'effettiva geometria delle pile, assumendo un peso specifico del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

### 2.2.2 Permanenti portati su impalcato ( $g_2$ )

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

#### Permanenti portati ( $g_2$ ) – CARREGGIATA SX

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

### 2.2.3 Effetti del ritiro ( $\epsilon_2$ )

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

#### Ritiro ( $\epsilon_2$ ) – CARREGGIATA SX

$\epsilon_{sh}$	=	<b>0.000337</b>	deformazione da ritiro
$E^*_c$	=	<b>13033</b> MPa	modulo elastico ridotto calcestruzzo per fenomeni viscosi
$\sigma_{sh}$	=	4.39 MPa	trazione nel calcestruzzo
$A_c$	=	3.97 m <sup>2</sup>	area conglomerato
$N_{sh}$	=	17437 kN	trazione nella soletta
e	=	<b>0.94</b> m	eccentricità rispetto a baricentro sezione composta
$M_{sh}$	=	16373 kNm	momento flettente

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

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

### 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  $\Delta T_{M1} = +15$  °C/m (estradosso più caldo dell'intradosso) e  $\Delta T_{M2} = -18$  °C/m (estradosso più freddo dell'intradosso). Inoltre deve essere considerata anche la componente uniforme del carico termico, per i cui valori l'Eurocodice rimanda agli allegati nazionali, dai cui si desume:  $\Delta T_{N1} = -26$  °C e  $\Delta T_{N2} = +34$  °C.

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

### 2.2.5 Carichi mobili (q<sub>1</sub>)

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

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

#### Corsia di carico n.1 costituita da:

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

#### Corsia di carico n. 2 costituita da:

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

#### Corsia di carico n. 3 costituita da:

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

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

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



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

### 2.2.8 Forza centrifuga (q4)

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

#### Azione centrifuga (q<sub>4</sub>) – CARREGGIATA SX

R	=	<b>1044</b> m	raggio della curva
Q <sub>v</sub>	=	1200.00 kN	carico totale dovuto agli assi tandem
Q <sub>4</sub>	=	<b>45.98</b> kN	azione centrifuga
L	=	<b>221.5</b> m	lunghezza tratto in curva
q <sub>4</sub>	=	0.21 kN/m	azione centrifuga distribuita

### 2.2.9 Azione di neve, vento (q5)

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

#### Azione del vento (q<sub>5</sub>)

zona	=	<b>4</b>	sicilia
v <sub>b,0</sub>	=	<b>28</b> m/s	Tabella 3.3.I
a <sub>0</sub>	=	<b>500</b> m	Tabella 3.3.I
k <sub>a</sub>	=	<b>0.02</b> 1/s	Tabella 3.3.I
a <sub>s</sub>	=	<b>445</b> m	altitudine del sito
v <sub>b</sub>	=	28 m/s	velocità di riferimento
ρ	=	<b>1.25</b> kg/m <sup>3</sup>	densità dell'aria
q <sub>b</sub>	=	0.490 kN/m <sup>2</sup>	pressione cinetica di riferimento
	=	<b>D</b>	classe di rugosità del terreno
c <sub>t</sub>	=	<b>1</b>	coefficiente di topografia
	=	<b>II</b>	categoria di esposizione del sito
k <sub>r</sub>	=	<b>0.19</b>	Tabella 3.3.II
z <sub>0</sub>	=	<b>0.05</b> m	Tabella 3.3.II
z <sub>min</sub>	=	<b>4.00</b> m	Tabella 3.3.II
z	=	<b>20.00</b> m	altezza sul suolo
c <sub>e</sub>	=	2.81	coefficiente di esposizione
c <sub>p</sub>	=	<b>1</b>	coefficiente di forma
c <sub>d</sub>	=	<b>1</b>	coefficiente dinamico
p	=	1.4 kN/m <sup>2</sup>	pressione del vento
H <sub>vc</sub>	=	<b>3.00</b> m	altezza veicolo convenzionale
H <sub>imp</sub>	=	3.17 m	altezza impalcato
H <sub>vento</sub>	=	6.17 m	altezza superficie di spinta
F <sub>vento</sub>	=	8.50 kN/m	azione del vento su impalcato
Y <sub>G</sub>	=	2.36 m	distanza da intradosso baricentro impalcato
e	=	0.72 m	eccentricità dell'azione del vento

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

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

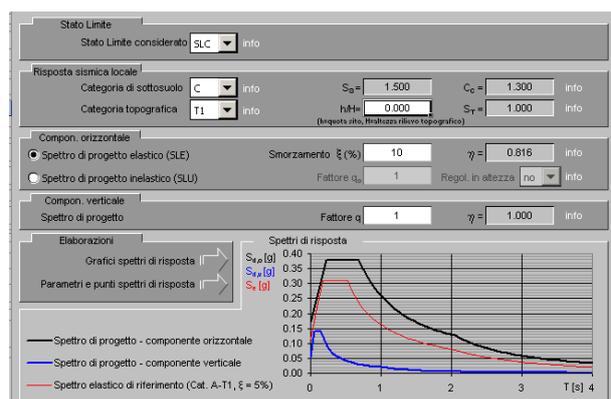
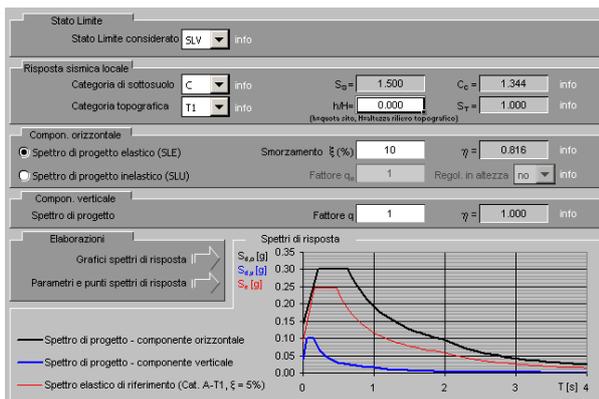
Nella Tabella precedente sono riportate le azioni del vento sull'impalcato e sulle pile. Tali valori sono stati inseriti nel modello di calcolo come carichi distribuiti sugli elementi frame relativi alle travi dell'impalcato e alle pile.

### 2.2.10 Azione sismica (q6)

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

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

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



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

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

**Parametri indipendenti**

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

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	0.816
$T_B$	0.212 s
$T_C$	0.636 s
$T_D$	1.373 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

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

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

**Parametri indipendenti**

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

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.090
$S$	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

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

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

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

**Parametri indipendenti**

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

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	0.816
$T_B$	0.227 s
$T_C$	0.680 s
$T_D$	2.054 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

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

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

**Parametri indipendenti**

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

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.241
$S$	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	$S_d$ [g]
0.000	0.052
0.050	0.411
0.150	0.411
0.235	0.090
0.320	0.066
0.405	0.052
0.490	0.043
0.575	0.038
0.660	0.033
0.745	0.028
0.830	0.025
0.915	0.023
1.000	0.021
1.094	0.018
1.188	0.016
1.281	0.013
1.375	0.011
1.469	0.010
1.563	0.009
1.656	0.008
1.750	0.007
1.844	0.006
1.938	0.006
2.031	0.005
2.125	0.005
2.219	0.004
2.313	0.004
2.406	0.004
2.500	0.003
2.594	0.003
2.688	0.003
2.781	0.003
2.875	0.003
2.969	0.002
3.063	0.002
3.156	0.002
3.250	0.002
3.344	0.002
3.438	0.002
3.531	0.002
3.625	0.002
3.719	0.002
3.813	0.001
3.906	0.001
4.000	0.001

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

La massa delle pile è computata automaticamente dal programma di calcolo, una volta definite le caratteristiche geometriche delle sezioni e la densità del materiale (quest'ultima assunta pari a 2500 kg/m<sup>3</sup>). La massa dell'impalcato (comprensiva del peso proprio della carpenteria metallica, del peso della soletta e dei permanenti portati) è stata attribuita alle due travi principali come una massa per unità di lunghezza di valore 8.33 kN/m per le travi della carreggiata SX.

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

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

### 2.2.11 Resistenza parassita dei vincoli (q7)

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

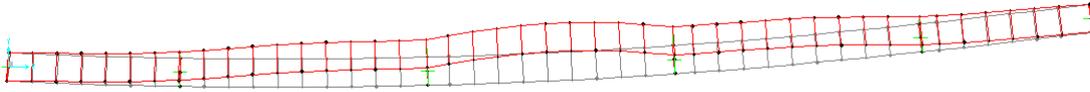
## 2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

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

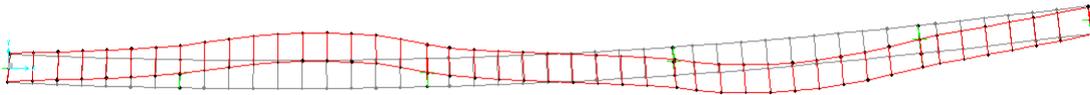
TABLE: Modal Periods And Frequencies - CARREGGIATA SX					
StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
Mode	1	2.583461	0.38708	2.4321	5.915
Mode	2	2.461328	0.40628	2.5528	6.5166
Mode	3	2.276558	0.43926	2.7599	7.6173
Mode	4	2.053968	0.48686	3.059	9.3578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

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

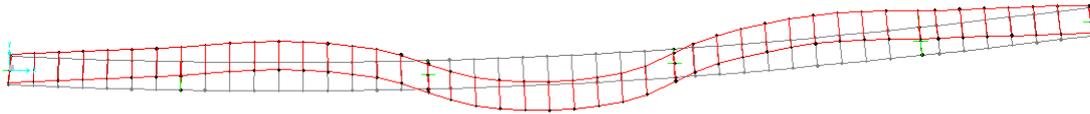
Prima forma modale



Seconda forma modale



Terza forma modale



### 3 SOLLECITAZIONI

#### 3.1 SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

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

Nel seguito si indica con:

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

### 3.1.1 Sollecitazioni nella sezione di base delle pile

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.1.2 Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino

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

**PILA P01**  
**SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO**

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

PILA P02

**SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO**

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

PILA P03

**SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO**

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

PILA P04

**SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO**

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

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 Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 21 di 95
	Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc

### 3.1.3 Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata

#### SOTTOSTRUTTURA PILA P01-P02-P03-P04

##### SOLLECITAZIONI SOTTOSTRUTTURA RISPETTO A BARICENTRO PALIFICATA

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

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

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

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
g1-plinto	0	0	7245	0	0
g2-terreno	0	0	2087	0	0

### 3.2 COMBINAZIONI DI CARICO

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

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

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

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

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

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

### 3.3 SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

#### 3.3.1 Sollecitazioni nella sezione di base delle pile

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

#### PILA P01

##### SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

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

**PILA P02**

**SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO**

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

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

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

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

**PILA P03**

**SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO**

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

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

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

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

**PILA P04**

**SOLLECITAZIONI SEZIONE DI BASE PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO**

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

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

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

	S.L.E.								S.L.E.									
	S.L.car				S.L.freq				S.L.qp				S.L.qp					
Fx	194	4	158	-33	194	3	157	-34	182	-8	170	-21	181	-9	169	-21	160	1
Fy	259	247	-241	-253	257	244	-243	-256	93	80	-74	-86	90	78	-77	-89	7	-3
Fz	15488	14522	15488	14522	10595	9630	10595	9630	15488	14522	15488	14522	10595	9630	10595	9630	12634	11829
Mx	7810	7098	1424	712	-2120	-2832	-8506	-9218	5681	4970	3553	2841	-4249	-4960	-6378	-7089	815	222
My	2613	29	2116	-468	2602	18	2105	-479	2448	-137	2282	-303	2437	-148	2271	-314	2144	-9

**3.3.2 Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino**

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

**PILA P01**

**SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO**

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

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

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

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

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

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

**PILA P02**

**SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO**

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

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

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

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

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

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

**PILA P03**

**SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO**

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

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

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

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

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

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

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

## PILA P04

### SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

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

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

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

### 3.3.3 Sollecitazioni sulla palificata

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

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

**PILA 01 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

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

**PILA 02 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

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

**PILA 02 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

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

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

**PILA 03 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

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

**PILA 04 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

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

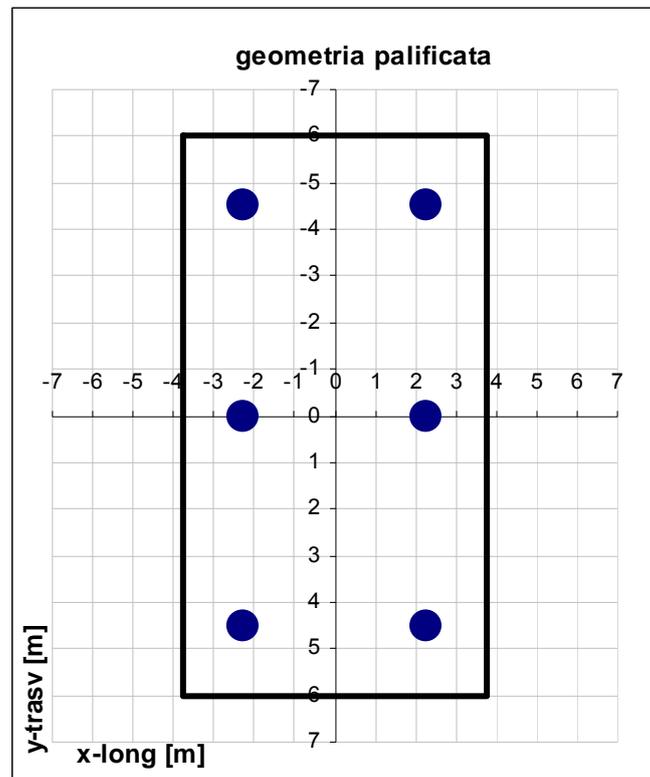
**PILA 04 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

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

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

**Geometria della palificata**

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### STATICA

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

### SISMICA

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

### SLE - CARATTERISTICO

	Nmax	Nmin	Vmax
P01	4096	2115	53
P02	4347	2258	53
P03	4502	2316	54
P04	4416	2236	54
<b>max</b>	<b>4502</b>	<b>2115</b>	<b>54</b>

### SLE - FREQUENTE

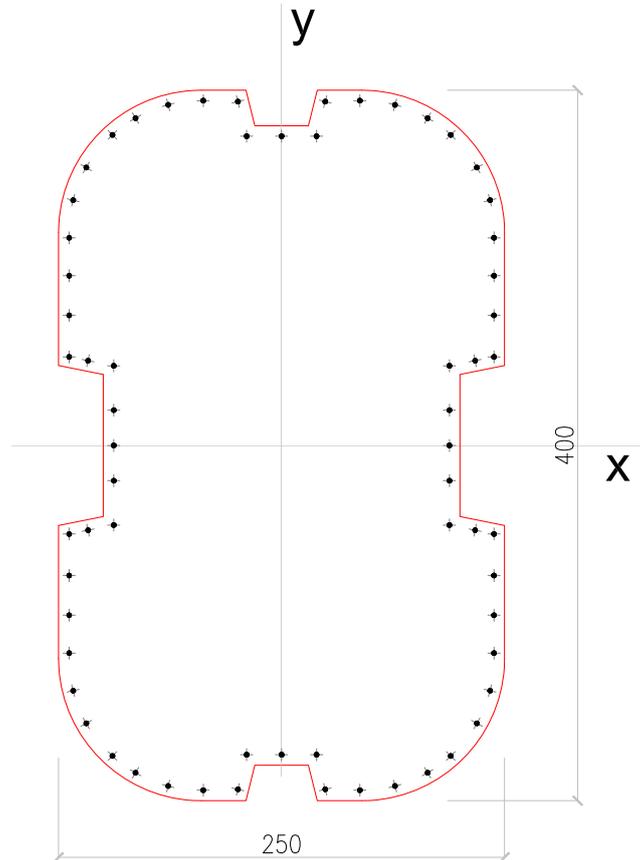
	Nmax	Nmin	Vmax
P01	3994	2218	35
P02	4193	2407	24
P03	4321	2489	25
P04	4265	2387	34
<b>max</b>	<b>4321</b>	<b>2218</b>	<b>35</b>

### SLE - QUASI PERMANENTE

	Nmax	Nmin	Vmax
P01	3247	2958	27
P02	3386	3136	15
P03	3499	3217	15
P04	3489	3138	27
<b>max</b>	<b>3499</b>	<b>2958</b>	<b>27</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 64 ferri  $\Phi 20$  posti ad interasse 20 cm. Tale scelta è stata adottata su tutte le pile.



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

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

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

dove

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

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

$\alpha$  è posto uguale a 1 cautelativamente.

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

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

**Caso di Sollecitazione  $N_{min}$**

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

**Caso di Sollecitazione  $M_{EdxMax}$**

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

**Caso di Sollecitazione  $M_{EdyMax}$**

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

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

Momento resistente  $M_{Rxd}$

Verifica C.A. S.L.U. - File: Mxrd\_SX

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

Titolo: \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

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

Precompresso

Materiali

B450C C28/35

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$   N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$    $\tau_{c1}$

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

Momento resistente M<sub>Ryd</sub>

Verifica C.A. S.L.U. - File: Myrd\_SX

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

Titolo: \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

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

Precompresso

Materiali

B450C C28/35

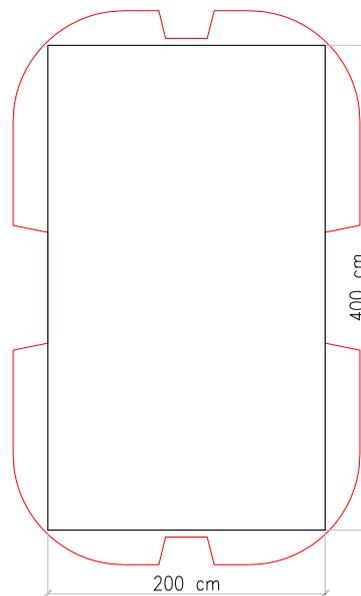
$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$   N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$    $\tau_{c1}$

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

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 Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 50 di 95
	Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.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. Inoltre, per lo sforzo normale minimo si effettua la verifica a taglio nelle due direzioni principali. Per le verifiche di taglio si fa riferimento a quanto prescritto nel paragrafo 4.1.2.1.3 delle norme tecniche per le costruzioni. A vantaggio di statica, per il calcolo del taglio resistente, ci si riferisce ad una sezione rettangolare ideale di calcestruzzo iscritta all'interno della sezione reale della pila. La verifica a taglio viene eseguita nella sezione più sfavorevole, che risulta essere quella all'estradosso del plinto di fondazione. Essendo le pile di uguale sezione trasversale e con la medesima armatura longitudinale si conduce la verifica in relazione alle massime sollecitazioni taglianti fra tutte le pile. La verifica condotta è riportata nel foglio di calcolo seguente, dal quale si evince che il taglio resistente del solo calcestruzzo risulta essere maggiore della sollecitazione di progetto e non risulterebbe quindi necessario disporre armatura a taglio.



### VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

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

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

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

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

### 4.3 S.L.E. – FESSURAZIONE

Si procede alla verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione  $\sigma_s$  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 aggressive;
- armature poco sensibili.

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

**condizioni ambientali aggressive  
armature poco sensibili**

#### Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

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

#### Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

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

### PILA P01

#### Sollecitazioni agenti

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

### PILA P02

#### Sollecitazioni agenti

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

**PILA P03**

Sollecitazioni agenti

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

**PILA P04**

Sollecitazioni agenti

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

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

**4.4 S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI**

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

**PILA P01**

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

**PILA P02**

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

**PILA P03**

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

**PILA P04**

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

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

## 5 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

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

### 5.1 METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

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

#### 5.1.1 Valutazione della snellezza

Gli effetti del secondo ordine possono essere trascurati se la snellezza  $\lambda$  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 Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 56 di 95
	Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc

### 5.1.2 Viscosità

L'effetto della viscosità deve essere tenuto in conto nell'analisi al secondo ordine, con particolare riferimento sia alle condizioni generali di viscosità, sia alla durata dei diversi carichi nelle combinazioni di carico considerate. La durata di applicazione dei carichi può essere presa in considerazione in modo semplificato adottando un coefficiente efficace di viscosità  $\varphi_{ef}$ , 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 Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 57 di 95
	Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc

#### 5.1.4 Curvatura

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

5.8.8.3

Curvatura

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

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

dove:

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

$K_\varphi$  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 Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 58 di 95
	Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.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 Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 59 di 95
	Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc

## 5.2 VERIFICA ALL'INSTABILITÀ

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

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

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

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

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

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

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

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

#### PILA P01

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

PILA P01					
	Nmax	Mx,max	My,max		
$R_{ck}$	= 35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	= 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
$f_{cd}$	= 16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	= 37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	= 32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	= 450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	= 206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	= 0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria elemento					
$d_x$	= 2.45	2.45	2.45	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= 3.95	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= 8.88	8.88	8.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	= 8.26	8.26	8.26	m	altezza elemento
$J_x$	= 10.96	10.96	10.96	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	= 4.02	4.02	4.02	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	= 0.67	0.67	0.67	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 1.11	1.11	1.11	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	= 20420	20420	20420	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.05	0.05	0.05		rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	= 2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	= 2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
$L_{0x}$	= 16.52	16.52	16.52	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	= 16.52	16.52	16.52	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	= 24.55	24.55	24.55		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 14.87	14.87	14.87		snellezza trasversale
$\lambda$	= 24.55	24.55	24.55		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite					
A	= 0.70	0.70	0.70		
B	= 1.05	1.05	1.05		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	= 0.70	0.70	0.70		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
n	= 0.1393	0.1312	0.0786		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	= 27.66	28.49	36.83		snellezza limite

$\vartheta_0$	=	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>	
$\alpha_h$	=	0.70	0.70	0.70	
$\alpha_m$	=	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	
$\vartheta_1$	=	0.00348	0.00348	0.00348	
$e_{ix}$	=	0.03	0.03	0.03	m eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	=	0.03	0.03	0.03	m eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>					
$N_{Ed}$	=	<b>20361.2</b>	<b>19184.0</b>	<b>11484.1</b>	kN sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	<b>11243.6</b>	<b>15685.4</b>	<b>1864.4</b>	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	11243.6	15685.4	1864.4	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	<b>2218.9</b>	<b>2218.7</b>	<b>8005.2</b>	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	11829	16237	2194	minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	11829	16237	2194	massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	585.19	551.35	330.06	minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	2804.09	2770.00	8335.21	massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	11828.8	16236.7	2194.5	kN momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	1916.5	1882.5	5133.1	kN momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Buckling</b>					
$\eta_u$	=	1.0547	1.0547	1.0547	
$\eta_{bal}$	=	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	
$K_r$	=	1.000	1.000	1.000	coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	=	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	coefficiente di viscosità a tempo infinito
$c$	=	9.87	9.87	9.87	fattore funzione della distribuzione della curvatura
<b>Buckling longitudinale</b>					
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	=	1.4815	1.4815	1.4815	coefficiente di viscosità efficace
$\beta_x$	=	0.332	0.332	0.332	
$K_{\varphi x}$	=	1.491205533	1.491205533	1.491205533	coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0.0017	0.0017	0.0017	
$(1/r)_x$	=	0.0026	0.0026	0.0026	curvatura longitudinale
$e_{2x}$	=	0.071	0.071	0.071	m inflessione longitudinale
$M_{2y}$	=	1446.5	1362.9	815.9	kNm momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	3363.1	3245.5	5949.0	kNm momento di progetto longitudinale
<b>Buckling trasversale</b>					
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815	coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	=	0.396	0.396	0.396	
$K_{\varphi y}$	=	1.587	1.587	1.587	
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001	curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.002	curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.047	0.047	0.047	m inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	954.8	899.6	538.5	kNm momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	12783.5	17136.3	2733.0	kNm momento di progetto trasversale
<b>Buckling flessione deviata - verifica geometrica</b>					
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.65	1.65	1.65	rapporto di snellezza massimo (se <=2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2.33	2.33	2.33	m dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.85	3.85	3.85	m dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.07	0.07	0.42	m eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.55	0.82	0.16	m eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.094	0.098	0.447	m eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.58	0.85	0.19	m eccentricità trasversale
$e/b$	=	0.10	0.07	1.42	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.10	0.07	1.67	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.07	0.05	1.33	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>					
$N_{Rd}$	=	-	-	154170	kN forza nominale resistente
$a$	=	-	-	1.00	esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione
$N_{Ed}$	=	-	-	11484	kN sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	-	-	35010	kNm momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	-	-	21944	kNm momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0.349	se <1 verifica soddisfatta
		-	-	ok	
<b>PressoFlessione Retta</b>					
<b>Comb.</b>					
$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]		<b>FS</b>
	20361	3363	30268	ok	9.00
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	20361	12784	48083	ok	3.76
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	19184	17136	46643	ok	2.72
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]		
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata

## PILA P02

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

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

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 Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 62 di 95
	Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc

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

#### PressoFlessione Retta

##### Comb.

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

## PILA P03

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

##### METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

##### PILA P01

$R_{ck}$	=	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	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
$f_{cd}$	=	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	=	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	=	32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	=	450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	=	206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria elemento</b>						
$d_x$	=	2.45	2.45	2.45	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	=	3.95	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	=	8.88	8.88	8.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	=	14.26	14.26	14.26	m	altezza elemento
$J_x$	=	10.96	10.96	10.96	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	4.02	4.02	4.02	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_k$	=	0.67	0.67	0.67	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	1.11	1.11	1.11	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	=	20420	20420	20420	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.05	0.05	0.05		rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
$L_{0x}$	=	28.52	28.52	28.52	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	=	28.52	28.52	28.52	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	=	42.39	42.39	42.39		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	25.67	25.67	25.67		snellezza trasversale
$\lambda$	=	42.39	42.39	42.39		snellezza massima
<b>Valutazione della snellezza limite</b>						
$A$	=	0.70	0.70	0.70		
$B$	=	1.05	1.05	1.05		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
$C$	=	0.70	0.70	0.70		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
$n$	=	0.1556	0.1399	0.0888		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	26.17	27.60	34.65		snellezza limite

$\rho_0$	=	<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>	
$\rho_i$	=	0.00333	0.00333	0.00333	
$e_{ix}$	=	0.05	0.05	0.05	m eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	=	0.05	0.05	0.05	m eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>					
$N_{Ed}$	=	<b>22745.6</b>	<b>20445.1</b>	<b>12973.5</b>	kN sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	<b>14836.1</b>	<b>20571.4</b>	<b>3044.6</b>	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	14836.1	20571.4	3044.6	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	<b>2008.0</b>	<b>2121.0</b>	<b>14616.6</b>	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	15917	21543	3661	minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	15917	21543	3661	massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	1081.17	971.82	616.67	minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	3089.13	3092.85	15233.30	massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	15917.3	21543.2	3661.2	kN momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	2285.9	2244.4	9386.6	kN momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Buckling</b>					
$\eta_u$	=	1.0547	1.0547	1.0547	
$\eta_{bal}$	=	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	
$K_r$	=	1.000	1.000	1.000	coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	=	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	coefficiente di viscosità a tempo infinito
$c$	=	9.87	9.87	9.87	fattore funzione della distribuzione della curvatura
<b>Buckling longitudinale</b>					
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	=	1.4815	1.4815	1.4815	coefficiente di viscosità efficace
$\beta_x$	=	0.213	0.213	0.213	
$K_{\varphi x}$	=	1.31505674	1.31505674	1.31505674	coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0.0017	0.0017	0.0017	
$(1/r)_x$	=	0.0023	0.0023	0.0023	curvatura longitudinale
$e_{2x}$	=	0.187	0.187	0.187	m inflessione longitudinale
$M_{2y}$	=	4247.3	3817.7	2422.5	kNm momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	6533.2	6062.1	11809.2	kNm momento di progetto longitudinale
<b>Buckling trasversale</b>					
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815	coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	=	0.324	0.324	0.324	
$K_{\varphi y}$	=	1.480	1.480	1.480	
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001	curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.002	curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.130	0.130	0.130	m inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	2965.1	2665.2	1691.2	kNm momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	18882.4	24208.4	5352.5	kNm momento di progetto trasversale
<b>Buckling flessione deviata - verifica geometrica</b>					
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.65	1.65	1.65	rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2.33	2.33	2.33	m dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.85	3.85	3.85	m dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.05	0.06	0.68	m eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.65	1.01	0.23	m eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.101	0.110	0.724	m eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.70	1.05	0.28	m eccentricità trasversale
$e/b$	=	0.09	0.06	1.55	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.09	0.07	1.87	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.05	0.04	1.45	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>					
$N_{Rd}$	=	-	-	154170	kN forza nominale resistente
$a$	=	-	-	1.00	esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione
$N_{Ed}$	=	-	-	12974	kN sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	-	-	37342	kNm momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	-	-	23418	kNm momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0.648	se $< 1$ verifica soddisfatta
				ok	

**PressoFlessione Retta**

**Comb.**

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

## PILA P04

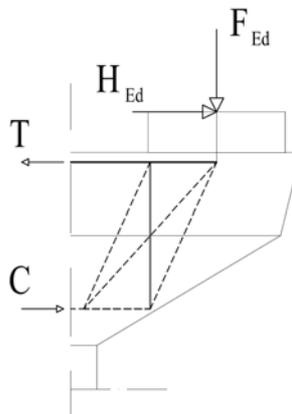
EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)  
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE  
PILA P01

	Nmax	Mx,max	My,max		
$R_{ck}$	= 35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	= 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
$f_{cd}$	= 16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	= 37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	= 32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	= 450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	= 206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	= 0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria elemento					
$d_x$	= 2.45	2.45	2.45	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= 3.95	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= 8.88	8.88	8.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	= 13.06	13.06	13.06	m	altezza elemento
$J_x$	= 10.96	10.96	10.96	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	= 4.02	4.02	4.02	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	= 0.67	0.67	0.67	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 1.11	1.11	1.11	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	= 20420	20420	20420	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.05	0.05	0.05		rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	= 2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	= 2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
$L_{0x}$	= 26.12	26.12	26.12	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	= 26.12	26.12	26.12	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	= 38.82	38.82	38.82		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 23.51	23.51	23.51		snellezza trasversale
$\lambda$	= 38.82	38.82	38.82		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite					
$A$	= 0.70	0.70	0.70		
$B$	= 1.05	1.05	1.05		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
$C$	= 0.70	0.70	0.70		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
$n$	= 0.1506	0.1360	0.0869		forza assiale dimensionale
$\lambda_{lim}$	= 26.60	27.99	35.02		snellezza limite
$\vartheta_0$	= 0.005	0.005	0.005		
$\alpha_h$	= 0.67	0.67	0.67		
$\alpha_m$	= 1.00	1.00	1.00		
$\vartheta_i$	= 0.00333	0.00333	0.00333		
$e_{ix}$	= 0.04	0.04	0.04	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	= 0.04	0.04	0.04	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
Sollecitazioni					
$N_{Ed}$	= 2210.3	19879.6	12699.8	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= 12606.8	17416.3	2500.0		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	= 12606.8	17416.3	2500.0		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	= 0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	= 3392.8	3640.2	14099.9		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	= 13565	18282	3053		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	= 13565	18282	3053		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	= 958.18	865.42	552.86		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	= 4350.97	4505.59	14652.72		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	= 13565.0	18281.7	3052.8	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	= 2993.9	3049.5	9012.8	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling					
$n_u$	= 1.0547	1.0547	1.0547		
$n_{bal}$	= 0.40	0.40	0.40		
$K_r$	= 1.000	1.000	1.000		coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	= 2	2	2		coefficiente di viscosità a tempo infinito
$c$	= 9.87	9.87	9.87		fattore funzione della distribuzione della curvatura
Buckling longitudinale					
$M_{SLE}/M_{SLU}$	= 0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	= 1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_x$	= 0.236	0.236	0.236		
$K_{\varphi x}$	= 1.350286499	1.350286499	1.350286499		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	= 0.0017	0.0017	0.0017		
$(1/r)_x$	= 0.0023	0.0023	0.0023		curvatura longitudinale
$e_{2x}$	= 0.161	0.161	0.161	m	inflessione longitudinale
$M_{2y}$	= 3539.7	3197.0	2042.4	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	= 6533.6	6246.6	11055.2	kNm	momento di progetto longitudinale
Buckling trasversale					
$M_{SLE}/M_{SLU}$	= 0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	= 1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	= 0.339	0.339	0.339		
$K_{\varphi y}$	= 1.501	1.501	1.501		

$(1/r_0)_x$	=	0.0017	0.0017	0.0017		
$(1/r)_x$	=	0.0023	0.0023	0.0023		curvatura longitudinale
$e_{2x}$	=	0.161	0.161	0.161	m	inflessione longitudinale
$M_{2y}$	=	3539.7	3197.0	2042.4	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	6533.6	6246.6	11055.2	kNm	momento di progetto longitudinale
<b>Buckling trasversale</b>						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	=	0.339	0.339	0.339		
$K_{\varphi y}$	=	1.501	1.501	1.501		
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.002		curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.111	0.111	0.111	m	inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	2441.4	2205.0	1408.7	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	16006.4	20486.8	4461.5	kNm	momento di progetto trasversale
<b>Buckling flessione deviata - verifica geometrica</b>						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.65	1.65	1.65		rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2.33	2.33	2.33	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.85	3.85	3.85	m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.09	0.11	0.67	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.57	0.88	0.20	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.136	0.153	0.710	m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.62	0.92	0.24	m	eccentricità trasversale
$e/b$	=	0.13	0.10	1.79		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.14	0.11	2.18		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.09	0.07	1.68		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>						
$N_{Rd}$	=	-	-	154170	kN	forza nominale resistente
$a$	=	-	-	1.00		esponente del dominio <span style="float: right;">valore da trovare attraverso interpolazione</span>
$N_{Ed}$	=	-	-	12700	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	-	-	36917	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	-	-	23151	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0.598		se <1 verifica soddisfatta
		-	-	ok		
<b>PressoFlessione Retta</b>						
<b>Comb.</b>						
$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]		FS	
	22010	6534	31685	ok	4.85	
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]			
	22010	16006	50299	ok	3.14	
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]			
	19880	20487	47425	ok	2.31	
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]			
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata	

## 6 VERIFICA DEL PULVINO

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



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

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

### RIEPILOGO Pulvini più sollecitati combinazione

	Nmax	Vmax
Fz	<b>10176</b>	<b>9112</b>
V	<b>358</b>	<b>410</b>
	<b>P02-dx</b>	<b>P01-dx</b>

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

#### Bridge Cap - Strut & Tie Model

##### Materiali

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

##### Mensola

		P02-dx	P01-dx		
F <sub>Ed</sub>	=	10176	9112	kN	azione verticale di calcolo appoggio
H <sub>Ed</sub>	=	358	410	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

##### Geometria

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

##### Verifiche Puntone-Tirante

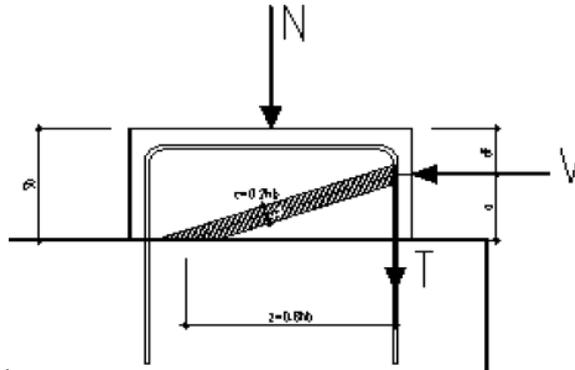
C	=	4806	4280	kN	risultante di compressione
T	=	5164	4691	kN	risultante di trazione
σ <sub>c</sub>	=	<b>1.91</b>	<b>1.70</b>	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	10.59	11.89		
n	=	<b>40</b>	40		numero ferri superiore
Ø	=	<b>24</b>	24	mm	diametro armatura superiore
A <sub>s</sub>	=	18095.6	18095.6	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
σ <sub>s</sub>	=	<b>285.36</b>	<b>259.21</b>	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	1.37	1.51		

##### Armatura a Taglio

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

## 6.1 VERIFICA BAGGIOLI

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



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

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

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

in cui:

N = carico concentrato all'appoggio

b = larghezza del baggiolo

b<sub>0</sub> = larghezza dell'appoggio

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

### Bridge Cap - Strut & Tie Model

#### Materiali

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

#### Mensola

		P02-dx	L_SPB_dx		
F <sub>Ed</sub>	=	10176	4065	kN	azione verticale di calcolo appoggio
H <sub>Ed</sub>	=	358	432	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

#### Geometria

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

**Verifiche Puntone-Tirante**

C	=	364	439	kN	risultante di compressione
T	=	65	80	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	0.97	1.17	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	25.88	21.45		
n	=	6	6		numero ferri superiore
$\varnothing$	=	16	16	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	1206.4	1206.4	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	54.22	65.97	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	7.22	5.93		

**Verifiche armatura a fenditura**

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

**Bridge Cap - Strut & Tie Model**

**Materiali**

$R_{ck}$	=	45	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ck}$	=	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{cd}$	=	21.2	21.2	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	1.18	1.18		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\beta_2$	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\beta_3$	=	0.88	0.88		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	24.99	24.99	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi
$\sigma_{2Rd,max}$	=	21.18	21.18	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione
$\sigma_{3Rd,max}$	=	18.64	18.64	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione

**Mensola**

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

**Geometria**

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

**Verifiche Puntone-Tirante**

C	=	402	485	kN	risultante di compressione
T	=	182	221	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	1.07	1.29	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	23.44	19.42		
n	=	6	6		numero ferri superiore
$\varnothing$	=	16	16	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	1206.4	1206.4	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	151.22	183.00	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	2.59	2.14		

**Verifiche armatura a fenditura**

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

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

## 7 DISPOSITIVI ANTISISMICI

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

### Dispositivo: SI-N 900/168

V	=	<b>10980</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	=	<b>21220</b>	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	=	<b>3.03</b>	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	=	<b>2814</b>	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	<b>300</b>	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>g</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 sollecitazioni elementari agenti in fase di sisma (S.L.C.) e statica (S.L.U.) sui singoli isolatori. Si sono poi analizzate tre combinazioni di carico per l'SLU e tre per l'SLC. Le combinazioni prese in considerazioni sono le più gravose e sono caratterizzate dalla seguente matrice di combinazione:

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

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

NL\_dx1 è l'isolatore destro della P0i-esima pila;

NL\_sxi è l'isolatore sinistro della P0i-esima pila;

Uh è la composizione vettoriale degli spostamenti Ux e Uy;

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

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

TABLE: Element Forces - Links

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

**TABLE: Element Forces - Links**

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

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

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

**Dispositivo: SI-N 900/168**

V	=	<b>10980</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	=	<b>21220</b>	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	=	<b>3.03</b>	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	=	<b>2814</b>	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	<b>300</b>	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>g</sub>	=	<b>0.900</b>	m	diametro dell'elastomero
W	=	<b>1049</b>	kg	peso dell'isolatore
	=			
<b>V<sub>Sd,max</sub></b>	=	<b>4582</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
<b>F<sub>Sd,zd</sub></b>	=	<b>10176</b>	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
<b>d<sub>max</sub></b>	=	<b>185</b>	mm	spostamento massimo dell'impalcato
	=			
FS	=	<b>2.40</b>	ok	verifica sull'isolatore in fase di sisma
FS	=	<b>2.09</b>	ok	verifica sull'isolatore per carico verticale allo SLU in esercizio
FS	=	<b>1.62</b>	ok	spostamento dell'isolatore
	=			
d <sub>giunto</sub>	=	<b>370</b>	mm	massima escursione del giunto
<b>d<sub>max</sub> SLC</b>	=	<b>185</b>	mm	spostamento massimo in fase di sisma
<b>d<sub>max</sub> SLU</b>	=	<b>112</b>	mm	spostamento massimo allo SLU

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

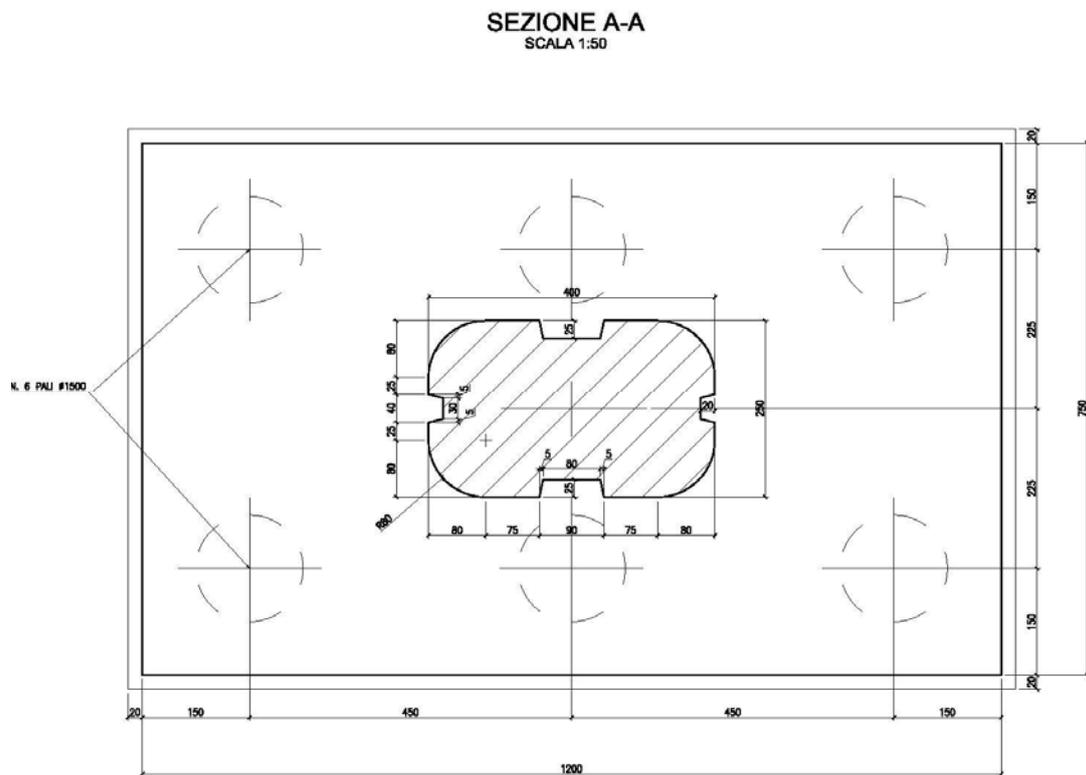
## 8 ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

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

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

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

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



**Figura 8-1 - Pianta del plinto di fondazione.**

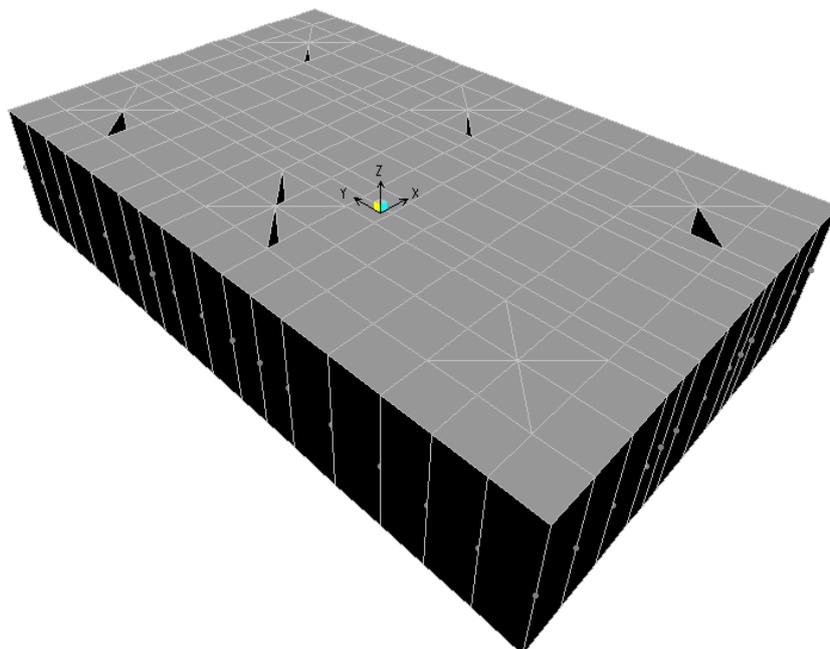


Figura 8-2 - Modello di calcolo del plinto.

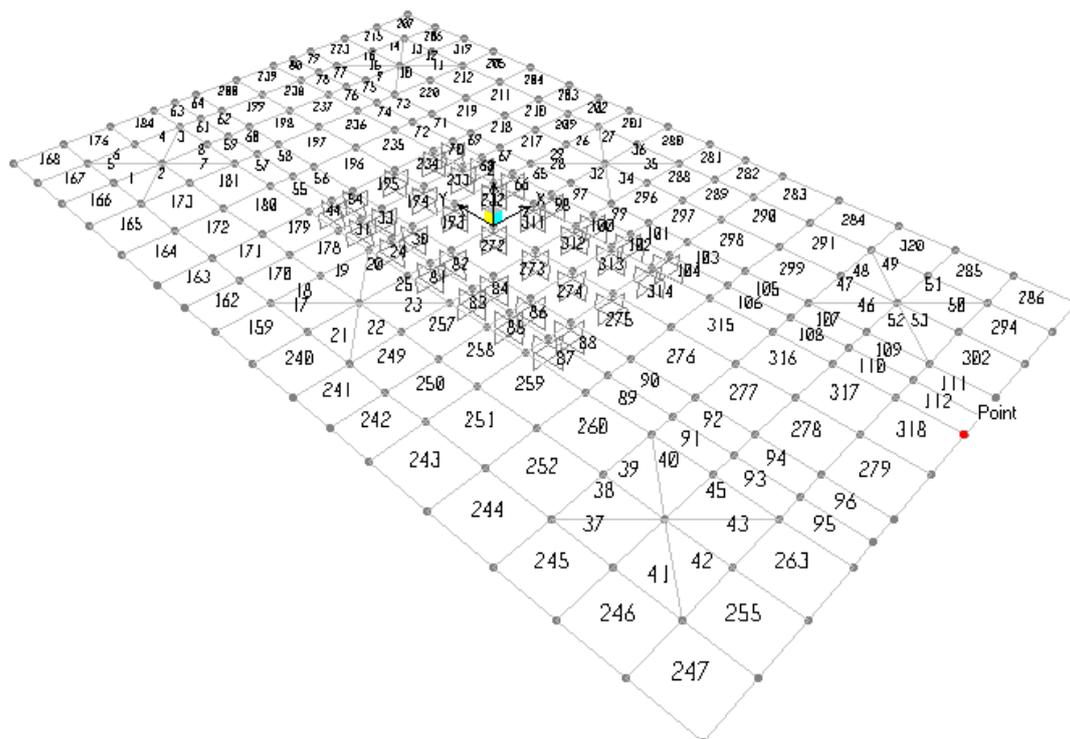


Figura 8-3 - Modello numerico con numerazione degli elementi shell.

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

## 8.1 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 8.2 VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI

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

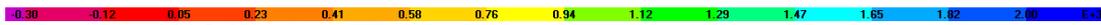
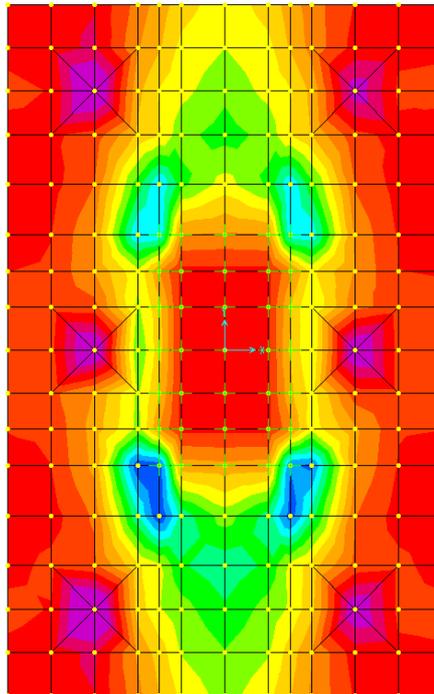


Figura 8-4: Involuppo dei massimi per il momento flettente longitudinale  $M_{11}$

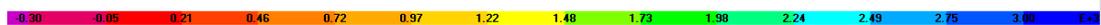
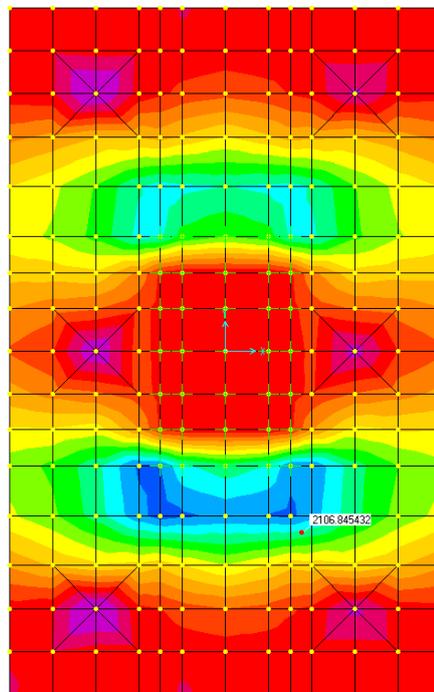


Figura 8-5: Involuppo dei massimi per il momento flettente trasversale  $M_{22}$

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

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

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

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

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

### 8.3 VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI TANGENZIALI

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

#### VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

	plinto	plinto		
	V13max	V23max		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	= 2292	2511	kN	taglio
N	= 0	0	kN	sforzo 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>				
$R_{ck}$	= 30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 25.0	25.0	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
$f_{cd}$	= 14.2	14.2	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
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
$A_{st}$	= 5700.0	7209.0	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
$\rho_l$	= 0.00228	0.00288		rapporto geometrico di armatura longitudinale

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

k	=	1.3	1.3	
V <sub>min</sub>	=	0.3	0.3	
σ <sub>cp</sub>	=	0.0	0.0	MPa tensione media calcestruzzo
				tensione media di compressione adottata
σ <sub>cp,ad</sub>	=	0.0	0.0	MPa (<=0.2fcd)
V <sub>Rd</sub>	=	675.2	730.2	kN taglio resistente
check	=	NO	NO	

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

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)	=	17.0	15.5	
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>	=	7.08	7.08	MPa resistenza ridotta
V <sub>Rcd</sub>	=	11156.3	11156.3	kN taglio resistente calcestruzzo
V <sub>Rd</sub>	=	3903.3	3903.3	kN taglio resistente sezione
check	=	OK	OK	

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

## 8.4 S.L.E. - VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

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

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

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

**spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione**

$\sigma_s$	w3=0.40 mm	w3=0.40 mm	w3=0.40 mm	w3=0.40 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	300	300	300	300
200	300	300	300	300
240	250	250	250	250
280	200	200	200	200
320	150	150	150	150
360	100	100	100	100

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

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

<b>Geometria</b>							
B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	base sezione
H	=	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	mm	altezza sezione

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

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

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

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

**diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione**

$\sigma_s$ [MPa]	w2=0.30 mm Ø	w2=0.30 mm Ø	w2=0.30 mm Ø	w2=0.30 mm Ø
160	32	32	32	32
200	25	25	25	25
240	16	16	16	16
280	12	12	12	12
320	10	10	10	10
360	8	8	8	8

**spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione**

$\sigma_s$ [MPa]	w2=0.30 mm Ø	w2=0.30 mm Ø	w2=0.30 mm Ø	w2=0.30 mm Ø
160	300	300	300	300
200	250	250	250	250
240	200	200	200	200
280	150	150	150	150
320	100	100	100	100
360	50	50	50	50

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

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

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

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

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

## 8.5 S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

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

### Materiali

Rck	=	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	<b>25</b>	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{yk}$	=	<b>450</b>	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

### Momento trasversale M22

<b>comb.</b>	<b>comb.</b>
<b>RARA</b>	<b>QUASI PERM.</b>

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

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

<b>comb.</b>
<b>RARA</b>

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

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

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

### Momento longitudinale M11

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

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

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

**comb. RARA**

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

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

Le verifiche risultano soddisfatte.

## 9 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE

### 9.1 VERIFICHE STRUTTURALI

Per il calcolo delle sollecitazioni flettenti e taglianti agenti lungo il fusto del palo si adotta lo schema di palo con la testa impedita di ruotare, ma libera di traslare per effetto dell'azione orizzontale ivi applicata, ed immerso in un terreno schematizzato alla Winkler. Per la determinazione della lunghezza elastica del palo,  $\lambda$ , 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)

E	=	<b>31220</b> MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	<b>1500</b> mm	diametro palo
J	=	248504887637 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	<b>15000</b> kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	2250 mm	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	33750 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
$\lambda$	=	5.51 m	lunghezza elastica del palo
h	=	<b>0.00</b> m	altezza tratto libero
V	=	<b>202.00</b> kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>556.17</b> kNm	massimo momento flettente

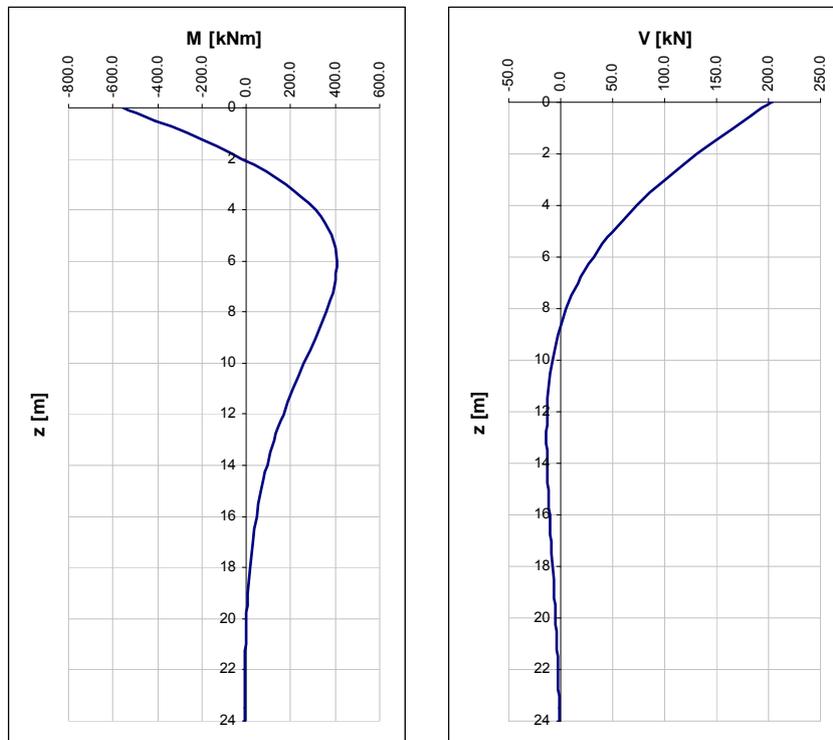


Figura 9-1: Andamento dei momenti flettenti e dei tagli sul palo di fondazione

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

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

	Z <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	check
gabbia n.1	-1.1	10.9	12	5	22	16	27.5	556.17	2342	2734	4.92	OK
gabbia n.2	9.8	21.8	12	5	22	16	27.5	311.00	2342	2734	8.79	OK
gabbia n.3	20.7	24	3.3	5	22	16	27.5	1.00	2342	2734	2734.00	OK

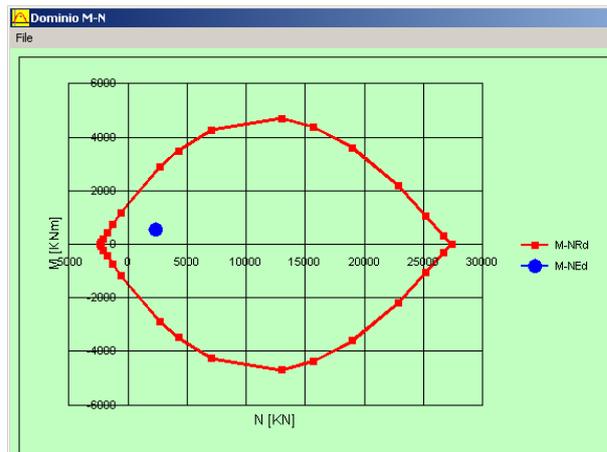
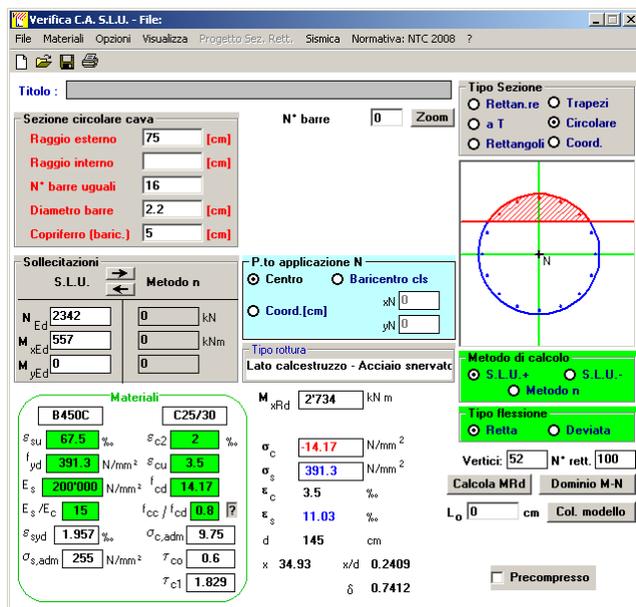


Figura 9-2: Momento resistente del palo di fondazione

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

### 9.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

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

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

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

$D$ : diametro della sezione

$d$ : altezza utile della sezione

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

$A_{sw}$ : area dell'armatura trasversale

$s$ : interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : 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 SX. Nel seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato:

#### VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE (NTC 2008)

##### Sollecitazioni

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

##### Geometria

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

##### Materiali

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

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

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

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

### 9.1.3 S.L.E. – Fessurazione

Per la verifica a fessurazioni sono state assunte:

- condizioni ambientali ordinarie;
- armature poco sensibili.

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

#### Sollecitazioni agenti

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

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

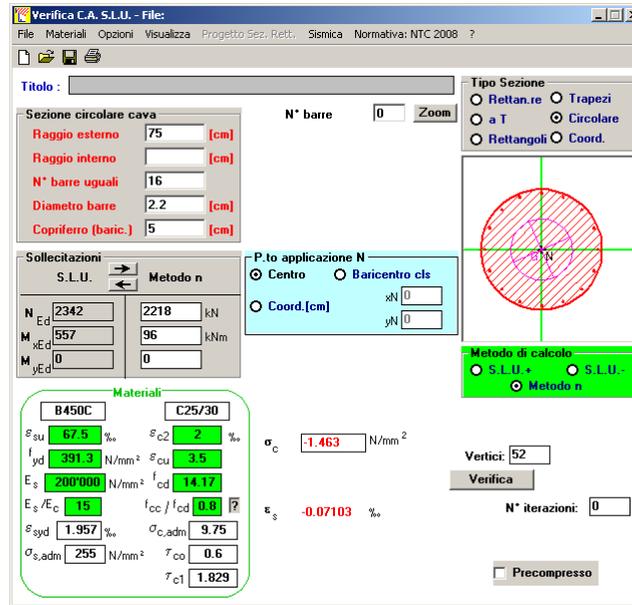


Figura 9-3: Stato sollecitante massimo nella combinazione di carico frequente

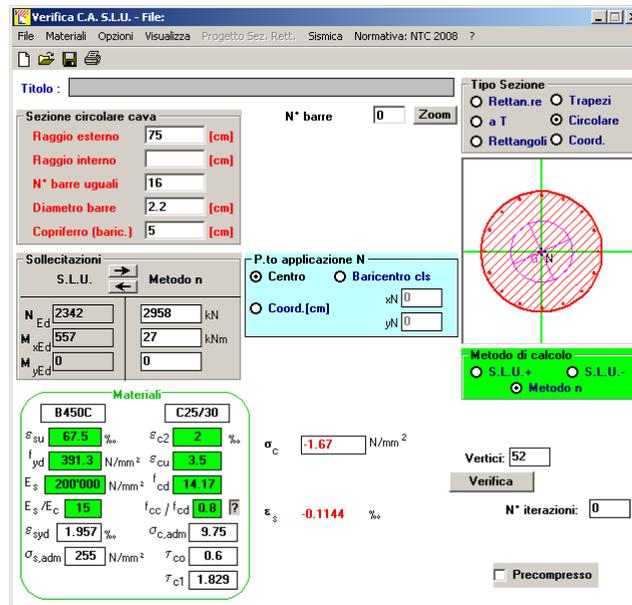


Figura 9-4: Stato sollecitante massimo nella combinazione di carico quasi permanente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 90 di 95
	Nome file: VI10-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc

#### 9.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

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

##### Materiali

Rck	=	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	<b>25</b>	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{yk}$	=	<b>450</b>	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

combinazione  
rara qp

##### Sollecitazioni agenti

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

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

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

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

$\sigma_{s,max}$	=	360	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	<b>0</b>	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		<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 Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 91 di 95
	Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc

## 9.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b
peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>20.2</b>	<b>20.3</b>	<b>20.5</b>
peso saturo $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>20.2</b>	<b>20.3</b>	<b>20.5</b>
coesione non dren. $c_u$ (kPa)	<b>165</b>	<b>128</b>	<b>178</b>
coesione dren. $c'$ (kPa)	<b>26</b>	<b>36</b>	<b>23</b>
angolo attrito $\phi'$ (°)	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>22</b>

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

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

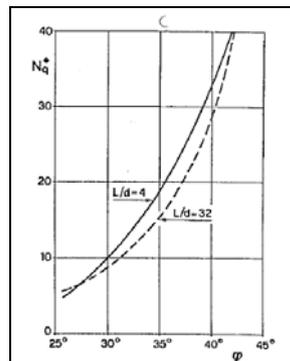
$$s_{lim,d} = k \mu \sigma_{vz}'$$

in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con  $\sigma_{vL}$  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.

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

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

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

**STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 1 - CARR. SX**

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

**STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 2 - CARR. SX**

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

**STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 3 - CARR. SX**

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

**STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 4 - CARR. SX**

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

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

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

il coefficiente  $\gamma_R$  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	$\gamma_{Q3}$	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	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	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	$\gamma$	$\gamma_r$	1,0	1,0

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	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 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 Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 94 di 95
	Nome file: V110-C-CL005_B.00_relazione_calcolo_Pile_SX.doc

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

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

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

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

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

#### CARR. SX - Riepilogo dei risultati

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

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

#### CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

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

#### palo corto

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

#### palo intermedio

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

#### palo lungo

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

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

$\xi_3$	=	<b>1.50</b>	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1089.0 kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	<b>837.7</b> kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$	=	<b>202.0</b> kN	azione trasversale testa palo
FS		4.15	

La verifica risulta soddisfatta.