

# 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 DX

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 6 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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>3</b>
1.1	INTRODUZIONE	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	3
1.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
1.3.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	6
1.3.2	<i>Calcestruzzo</i>	6
1.3.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	8
1.4	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	8
<b>2</b>	<b>ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO</b>	<b>9</b>
2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	9
2.1.1	<i>Calcolo della rigidezza effettiva delle pile</i>	10
2.2	ANALISI DEI CARICHI	10
2.2.1	<i>Peso Proprio (g1)</i>	10
2.2.2	<i>Permanenti portati su impalcato (g2)</i>	11
2.2.3	<i>Effetti del ritiro (<math>\varepsilon_2</math>)</i>	11
2.2.4	<i>Effetti della temperatura (<math>\varepsilon_3</math>)</i>	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>	20
3.1.3	<i>Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata</i>	22
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO	22
3.3	SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	23
3.3.1	<i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i>	23
3.3.2	<i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i>	26
3.3.3	<i>Sollecitazioni sulla palificata</i>	30
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE</b>	<b>59</b>
4.1	S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE	59
4.2	S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO	61
4.3	S.L.E. – FESSURAZIONE	62
4.4	S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI	64
<b>5</b>	<b>EFFETTI DEL SECONDO ORDINE</b>	<b>67</b>
5.1	METODO DELLA CURVATURA NOMINALE	67
5.1.1	<i>Valutazione della snellezza</i>	67
5.1.2	<i>Viscosità</i>	68
5.1.3	<i>Momenti flettenti</i>	68
5.1.4	<i>Curvatura</i>	69
5.1.5	<i>Flessione deviata</i>	69
5.2	VERIFICA ALL'INSTABILITÀ	71
5.2.1	<i>Verifica di resistenza per l'instabilità. Momenti di calcolo al secondo ordine</i>	71

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

<b>6</b>	<b>VERIFICA DEL PULVINO .....</b>	<b>81</b>
6.1	VERIFICA BAGGIOLI .....	82
<b>7</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI .....</b>	<b>84</b>
<b>8</b>	<b>ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>88</b>
8.1	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	90
8.2	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI.....	91
8.3	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI TANGENZIALI .....	93
8.4	S.L.E. - VERIFICHE A FESSURAZIONE .....	94
8.5	S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI .....	99
<b>9</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>101</b>
9.1	VERIFICHE STRUTTURALI .....	101
9.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....</i>	<i>102</i>
9.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio.....</i>	<i>103</i>
9.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione.....</i>	<i>104</i>
9.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni.....</i>	<i>106</i>
9.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI .....	107
9.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale .....</i>	<i>107</i>
9.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale .....</i>	<i>111</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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

# 1 GENERALITÀ

## 1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle pile della carreggiata destra del viadotto 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-clc con schema statico di trave continua su più appoggi.

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da una coppia di travi a "doppia T" in composizione saldata, disposte ad interasse trasversale pari a 5.75 m 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.

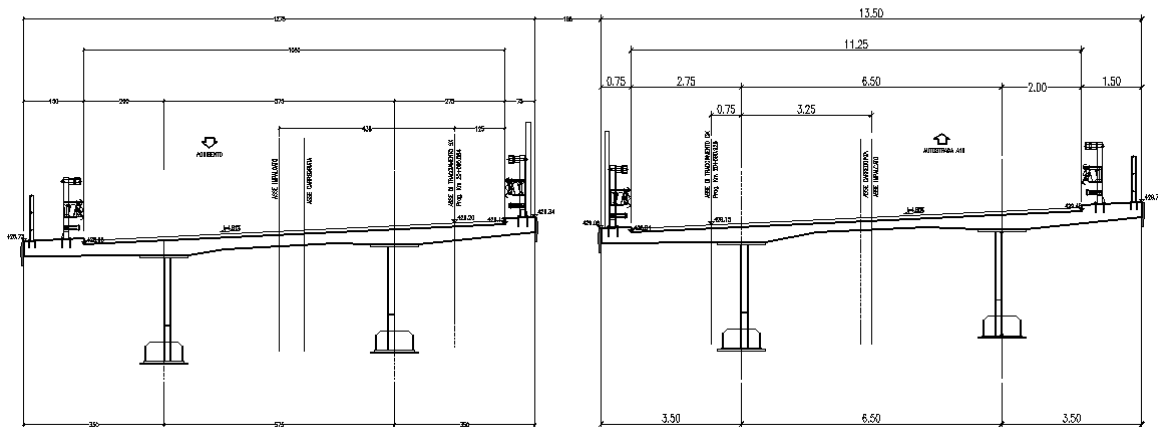
La soletta in calcestruzzo presenta larghezza complessiva di 12.75 m per la carreggiata SX mentre, sulla carreggiata DX è larga 13.50m. Essa, si presenta con spessore variabile, pari a 370 mm in asse travi e 270 mm in asse impalcato. Il getto delle solette sarà effettuato mediante casseri autoportanti.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

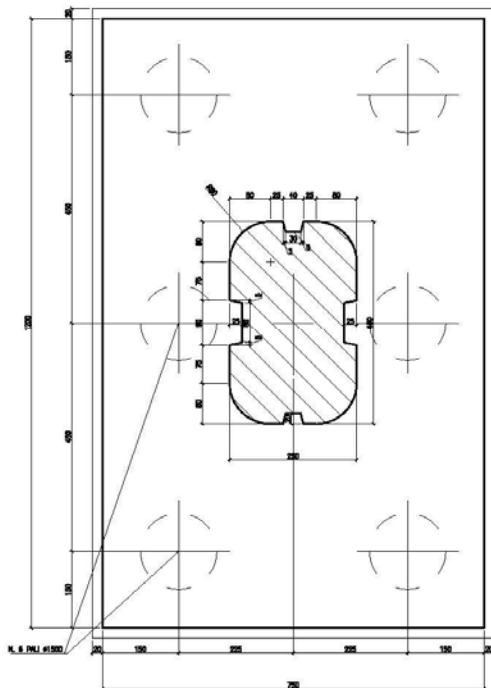


Le pile sono realizzate in c.a. Esse presentano una sagoma cruciforme e sono costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo di dimensioni 4.00 m x 2.50 m sulla carreggiata SX e 4.75m x 2.50m sulla DX, e da un pulvino a sezione variabile che si allarga seguendo una curva circolare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

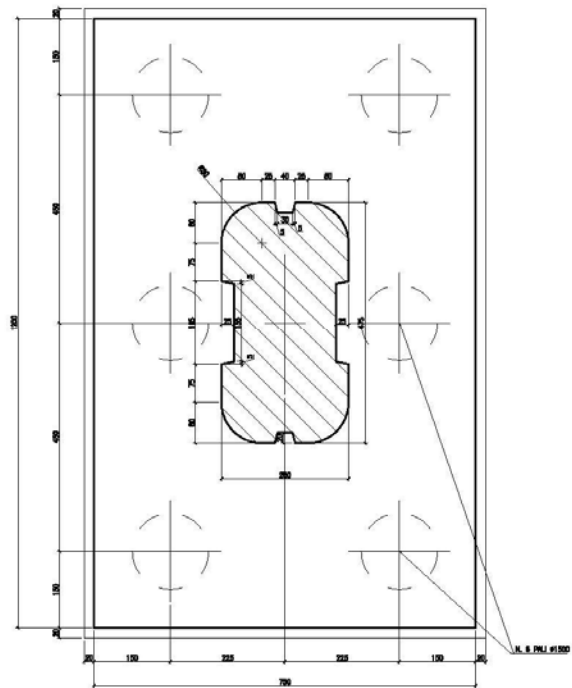
Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro. In particolare la palificata è costituita da 6 pali di diametro Ø1500 mm, posti ad interasse di 4.50 m. I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50m a pianta rettangolare.

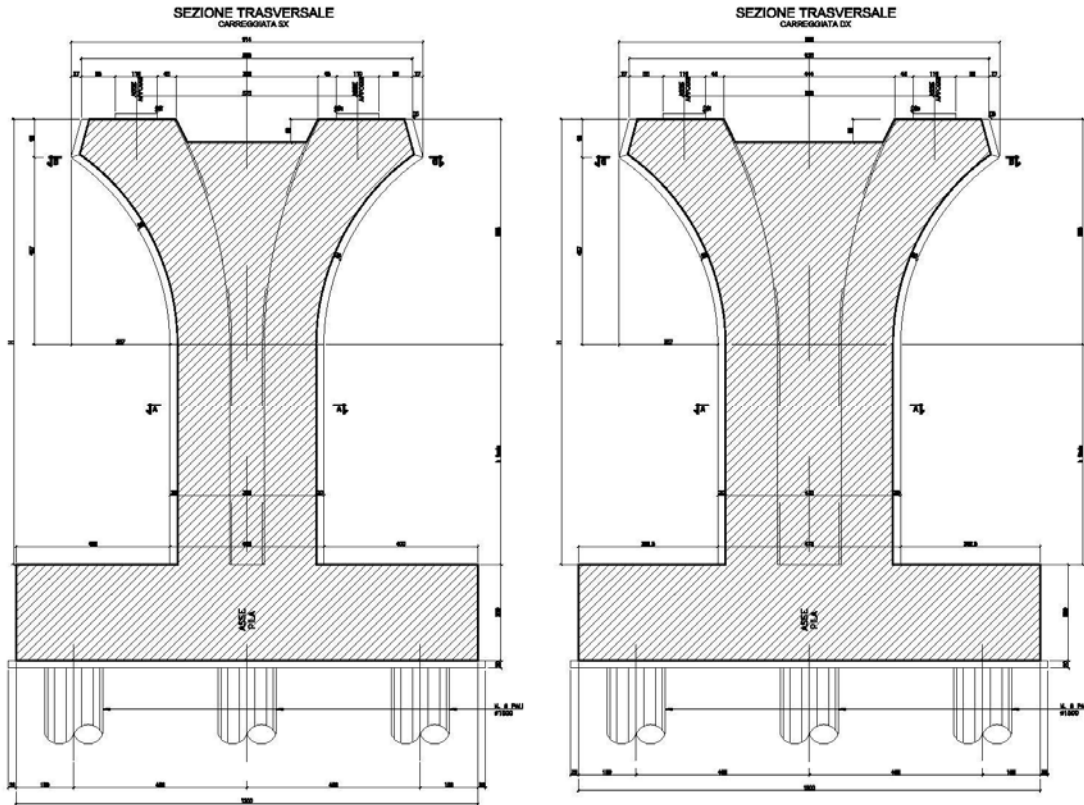
Nelle seguenti figure si illustra la geometria delle pile delle due carreggiate attraverso la pianta spiccato e una sezione trasversale.

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 <sub>fusto</sub> [m]	H <sub>pulvino</sub> [m]	H [m]	PILA	H <sub>fusto</sub> [m]	H <sub>pulvino</sub> [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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

### 1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 1.3.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

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

$R_{ck}$	=	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	<b>25</b>	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
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
				coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>		
$f_{cd}$	=	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

$R_{ck}$	=	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	<b>25</b>	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
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
				coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>		
$f_{cd}$	=	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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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 rigidità e delle masse della struttura reale. In questo capitolo, in particolare, si descrive il modello implementato per schematizzare la carreggiata destra del viadotto.

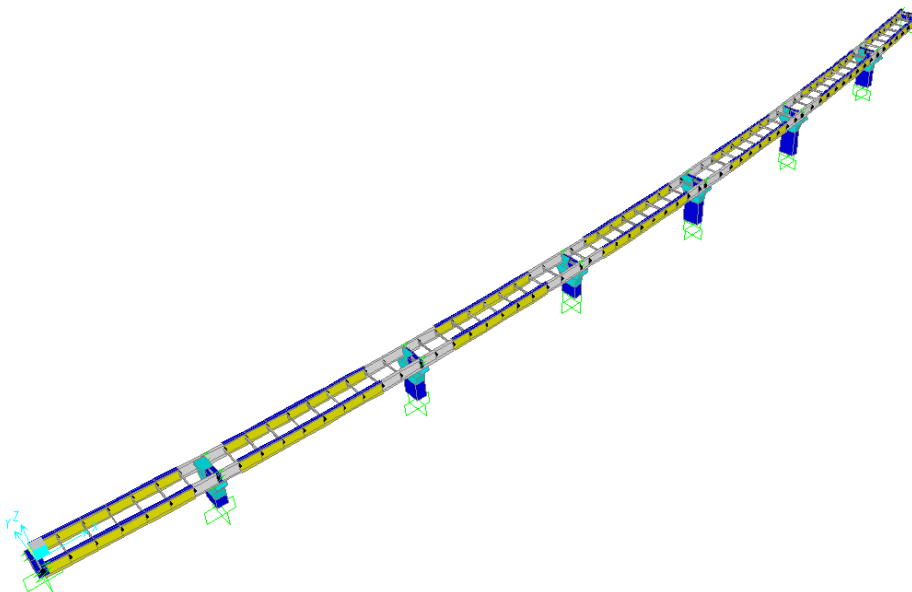
Tutte le membrature costituenti l'impalcato (travi longitudinali, trasversali) sono stati simulati attraverso elementi finiti del tipo beam a sei gradi di libertà per nodo. Con lo stesso tipo di elementi sono state modellate le pile del viadotto. Queste ultime sono state vincolate al piede – in corrispondenza 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:

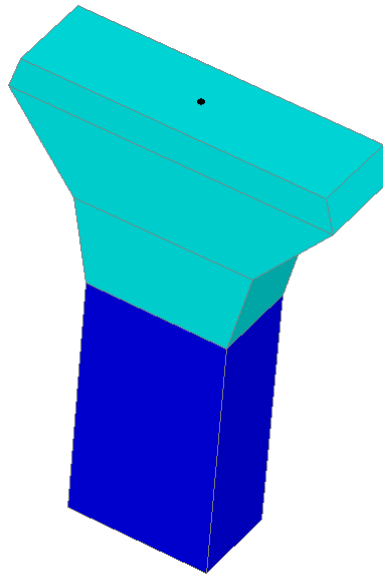
$$K_e = 3.03 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$
$$K_v = 2814 \text{ kN/mm (rigidezza verticale);}$$

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 (g1)

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

#### Peso proprio carpenteria metallica ( $g_{1.1}$ )

- Il peso delle travi e dei trasversi ( $g_{1.1a}$ ) viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo

$g_{1.1}$	=	2 kPa	incidenza carpenteria metallica
B	=	13.50 m	larghezza impalcato
n	=	2	numero travi
$g_{1.1}$	=	13.50 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:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

### Peso proprio della soletta e cordoli ( $g_{1.2}$ )

A	=	<b>4.1125</b> m <sup>2</sup>	area sezione trasversale soletta
$\gamma$	=	<b>25</b> kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
n	=	2.00	numero travi
$g_{soletta}$	=	51.41 kN/m	peso soletta su ciascuna trave (cordoli esclusi)
$g_{c,sx}$	=	3.19 kN/m	peso cordolo sx
$g_{c,dx}$	=	6.38 kN/m	peso cordolo dx
$g_{1.2,sx}$	=	<b>54.59</b> kN/m	peso soletta + cordolo su trave sx
$g_{1.2,dx}$	=	<b>57.78</b> kN/m	peso soletta + cordolo su trave dx

Il peso delle pile è valutato automaticamente dal codice di calcolo sulla base dell'effettiva geometria delle pile, assumendo un peso specifico del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

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

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

#### Permanenti portati ( $g_2$ )

	carico unitario [kPa]	larghezza [m]	carico lineare [kN/m]	
$g_{2.1,sx}$	<b>2.50</b>	6.00	15.00	pavimentazione lato trave sx
$g_{2.1,dx}$	<b>2.50</b>	5.25	13.13	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
$g_2$			32.13	permanente portato totale
$g_{2,sx}$			<b>17.00</b>	permanente portato su trave sx
$g_{2,dx}$			<b>15.13</b>	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 ( $\epsilon_2$ )

$\epsilon_{sh}$	=	<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
$A_c$	=	4.11 m <sup>2</sup>	area conglomerato

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

$N_{sh}$	=	18063	kN	trazione nella soletta
$e$	=	0.91	m	eccentricità rispetto a baricentro sezione composta
$M_{sh}$	=	16515	kNm	momento flettente
$n$	=	2		numero travi
$N_{rt}$	=	9031	kN	compressione su ciascuna trave
$M_{rt}$	=	8257	kNm	momento flettente su ciascuna trave
$A_{id}$	=	0.48	m <sup>2</sup>	area sezione SAP2000
$J_{id}$	=	0.31	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione SAP2000
$\epsilon_{SAP}$	=	8.943E-05		epsilon da assegnare alle travi sap
$\chi_{SAP}$	=	1.271E-04		chi da assegnare alle travi sap

### 2.2.4 Effetti della temperatura ( $\epsilon_3$ )

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 ( $q_1$ )

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 11.25 m (carreggiata DX) 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 2.25 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:

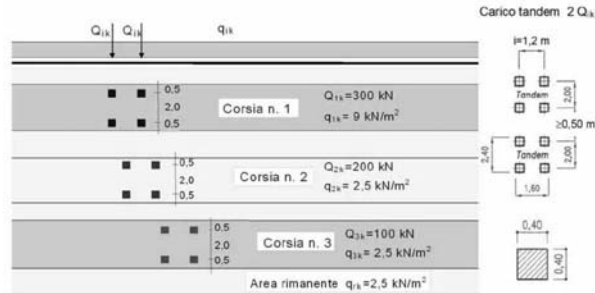
- Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza di 3.00 m.

#### 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  $(11.250-3.00 \times 3) = 2.25$  m.



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

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

In aggiunta allo schema di carico 1 deve essere considerato anche lo schema di carico 5, corrispondente alla presenza di folla compatta, ridotto del 50%: esso va modellato come un carico uniformemente ripartito di  $2.5 \text{ kN/m}^2$  agente sui due marciapiedi di larghezza pari a  $1.50 \text{ m}$ . Lo schema di carico 5 deve inoltre essere considerato al 100% come alternativa allo schema 1.

### 2.2.6 Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)

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

### 2.2.7 Azione di frenatura/accelerazione (q3)

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

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

#### Frenatura (q3) – CARREGGIATA DX

$w_1$	=	3.00 m	larghezza corsie convenzionali
$Q_{1k}$	=	300 kN	singolo asse Q1k
$q_{1k}$	=	9 kPa	carico uniformemente distribuito
$L$	=	325 m	lunghezza del viadotto
$Q_3$	=	900 kN	forza di frenatura (accelerazione) sull'intero viadotto
$q_{3l}$	=	2.77 kN/m	azione di frenatura per unità di lunghezza

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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 DX

R	=	<b>1330</b> m	raggio della curva
Q <sub>v</sub>	=	1200.00 kN	carico totale dovuto agli assi tandem
Q <sub>4</sub>	=	<b>36.09</b> kN	azione centrifuga
L	=	<b>325</b> m	lunghezza tratto in curva
q <sub>4</sub>	=	0.11 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>)

		<b>DX</b>	
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>	=	3.15 m	altezza impalcato
H <sub>vento</sub>	=	6.15 m	altezza superficie di spinta
F <sub>vento</sub>	=	8.47 kN/m	azione del vento su impalcato
Y <sub>G</sub>	=	2.37 m	distanza da intradosso baricentro impalcato
e	=	0.70 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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

$M_{vento}$	=	5.94 kNm/m	coppia torcente
$d_b$	=	6.50 m	interasse travi
$q_{5v}$	=	0.91 kN/m	azione verticale su travi di bordo
$q_{5h}$	=	4.23 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

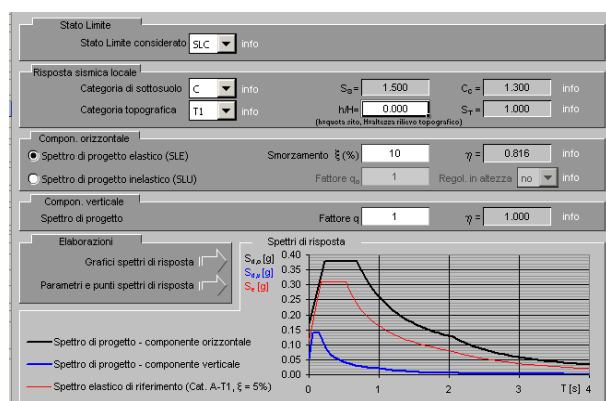
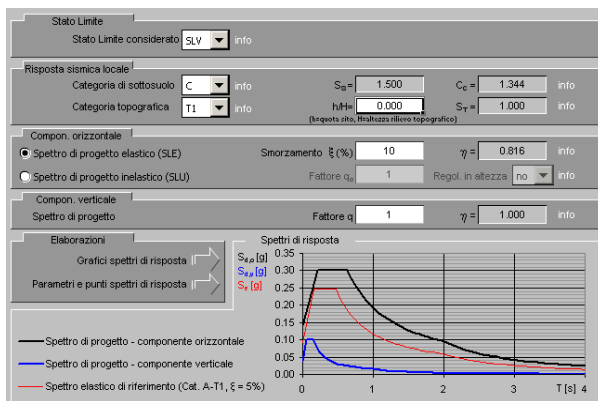
Nella Tabella precedente sono riportate le azioni del vento sull'impalcato e sulle pile. Tali valori sono stati inseriti nel modello di calcolo come carichi distribuiti sugli elementi frame relativi alle travi dell'impalcato e alle pile.

### 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
$a_{gv}$	0.038 g
$S_s$	2.843
$S_T$	0.473 s
$S_2$	1500
$C_c$	1.344
$C_t$	1.000
$q$	1.225

Parametri dipendenti	
$S$	1500
$\eta$	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)

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

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)

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

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
$a_{gv}$	0.114 g
$S_s$	2.726
$S_T$	0.523 s
$S_2$	1500
$C_c$	1.300
$C_t$	1.000
$q$	1.225

Parametri dipendenti	
$S$	1500
$\eta$	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)  
 $T_D = 4,0 \cdot a_{gv} / g + 1,6$  (NTC-07 Eq. 3.2.9)

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

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

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)

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 17 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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 8.74 kN/m per le travi della carreggiata DX.

Sono stati considerati 310 modi di vibrare per la carreggiata DX. 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.

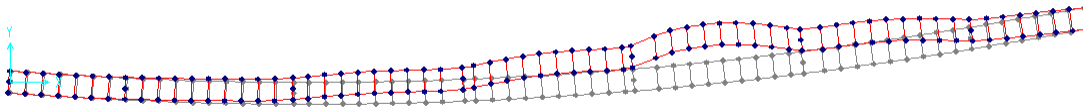
## 2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

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

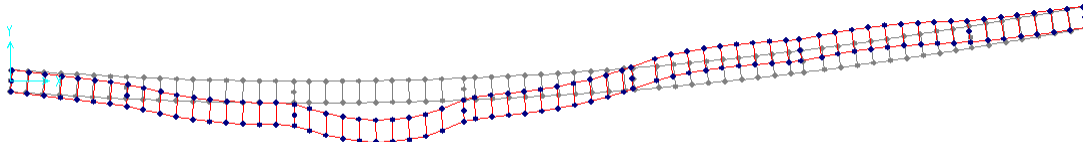
TABLE: Modal Periods And Frequencies - CARREGGIATA DX					
StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
Mode	1	2.681676	0.3729	2.343	5.4897
Mode	2	2.655458	0.37658	2.3661	5.5986
Mode	3	2.553259	0.39166	2.4608	6.0558
Mode	4	2.467439	0.40528	2.5464	6.4844
Mode	5	2.305127	0.43382	2.7257	7.4297
Mode	6	2.198186	0.45492	2.8583	8.1702
Mode	7	1.71648	0.58259	3.6605	13.399
Mode	8	1.684756	0.59356	3.7294	13.909
Mode	9	1.515911	0.65967	4.1448	17.18
Mode	10	1.372953	0.72836	4.5764	20.943
Mode	11	1.21898	0.82036	5.1545	26.568
Mode	12	1.064622	0.9393	5.9018	34.831
Mode	13	0.96423	1.0371	6.5163	42.462
Mode	14	0.851366	1.1746	7.3801	54.466
Mode	15	0.674089	1.4835	9.321	86.881
Mode	16	0.657084	1.5219	9.5622	91.436
Mode	17	0.6412	1.5596	9.7991	96.022
Mode	18	0.61135	1.6357	10.278	105.63
Mode	19	0.577006	1.7331	10.889	118.58
Mode	20	0.545005	1.8348	11.529	132.91

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 DX.

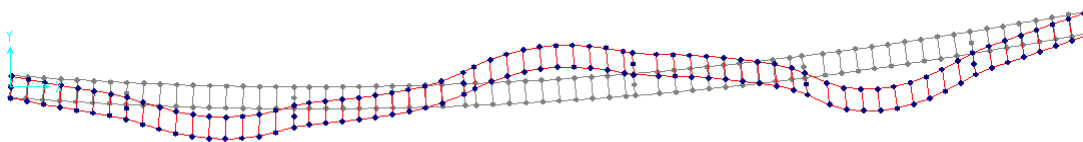
Prima forma modale



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	24	1	6480	219	213	0
g1-pile	0	0	3305	0	0	0
g2	6	0	1493	50	49	0
e2	67	4	505	408	584	0
e3	238	14	801	743	2083	0
q1.1	13	1	3774	6437	117	0
q1.2	11	2	2830	9455	94	0
q3	114	2	0	17	1000	0
q4	1	5	0	45	6	0
q5-impalcato	49	368	1	3753	427	0
q5-pile	0	28	0	117	0	0
q6.1	737	106	71	838	5809	0
q6.2	223	341	69	2694	1760	0
q6.3	221	102	229	810	1742	0
q7	80	0	0	0	659	0

#### PILA P02

##### SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

H = 10.66 m altezza pila

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato	14	1	7186	283	154	0
g1-pile	0	0	4018	0	0	0
g2	3	0	1656	65	36	0
e2	38	7	103	399	419	0
e3	139	26	164	848	1549	0
q1.1	10	0	4093	6933	111	0
q1.2	11	0	3044	10287	119	0
q3	112	2	1	20	1249	0
q4	0	6	0	69	4	0
q5-impalcato	28	434	1	5450	312	0
q5-pile	0	37	0	195	0	0
q6.1	899	118	74	1154	8497	0
q6.2	271	382	73	3689	2562	0
q6.3	270	115	236	1110	2548	0
q7	88	0	0	0	943	0

#### PILA P03

##### SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

H = 9.46 m altezza pila

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato	55	1	7114	214	551	0
g1-pile	0	0	3662	0	0	0
g2	13	0	1639	49	127	0
e2	12	8	16	379	123	0
e3	45	30	26	825	446	0
q1.1	27	1	4150	7027	271	0
q1.2	20	1	3071	10534	195	0
q3	113	0	1	5	1130	0
q4	0	6	0	60	1	0
q5-impalcato	7	426	0	4863	70	0
q5-pile	0	33	0	154	0	0
q6.1	779	106	75	933	6824	0
q6.2	236	350	71	3077	2067	0
q6.3	234	105	233	923	2047	0
q7	88	0	0	0	828	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	6	1	7107	196	88	0
g1-pile	0	0	4730	0	0	0
g2	1	0	1638	45	20	0
e2	13	8	18	352	172	0
e3	46	30	29	916	630	0
q1.1	3	1	4151	6976	46	0
q1.2	3	1	3075	10488	42	0
q3	108	1	1	7	1470	0
q4	0	6	0	82	2	0
q5-impalcato	12	426	0	6360	158	0
q5-pile	0	45	0	293	0	0
q6.1	1011	148	82	1680	11342	0
q6.2	313	473	79	5380	3504	0
q6.3	304	142	259	1618	3408	0
q7	87	0	0	0	1142	0

#### PILA P05

##### 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	7222	270	3	0
g1-pile	0	0	5087	0	0	0
g2	0	0	1664	62	1	0
e2	37	7	104	363	540	0
e3	135	26	165	903	1989	0
q1.1	1	1	4105	6942	9	0
q1.2	0	1	3054	10257	2	0
q3	106	2	0	29	1564	0
q4	0	6	0	91	7	0
q5-impalcato	32	437	1	7052	465	0
q5-pile	0	49	0	349	0	0
q6.1	1036	171	84	2095	12594	0
q6.2	332	522	80	6389	4016	0
q6.3	312	158	265	1930	3795	0
q7	89	0	0	0	1267	0

#### PILA P06

##### SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

H = 11.86 m altezza pila

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato	1	0	6535	143	13	0
g1-pile	0	0	4374	0	0	0
g2	0	0	1506	33	3	0
e2	64	3	504	295	785	0
e3	232	12	800	572	2863	0
q1.1	0	1	3790	6474	1	0
q1.2	0	1	2842	9460	1	0
q3	110	2	0	18	1360	0
q4	1	5	0	65	9	0
q5-impalcato	51	372	0	5151	630	0
q5-pile	0	41	0	242	0	0
q6.1	973	148	75	1577	10013	0
q6.2	323	436	74	4632	3290	0
q6.3	294	132	246	1405	3026	0
q7	80	0	0	0	954	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	8	3273	1	8	3207
g2	0	2	754	0	2	739
e2	32	1	-184	32	1	-321
e3	118	8	-292	118	8	-509
q1.1	1	2	2992	0	8	2314
q1.2	0	4	2357	1	4	-312
q3	57	1	0	57	1	0
q4	0	3	0	0	3	0
q5-impalcato	24	185	-81	25	185	79
q6.1	393	57	-47	391	57	-45
q6.2	119	182	-59	118	182	-55
q6.3	118	55	-144	117	55	-144
q7	40	0	0	39	0	0

#### PILA P02

##### SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

	Link_DX_02			Link_SX_02		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	1	13	3634	0	13	3552
g2	0	3	837	0	3	818
e2	19	4	125	19	4	-22
e3	69	13	-198	69	13	-35
q1.1	2	7	3232	0	5	2519
q1.2	1	1	-223	1	1	-70
q3	56	1	-1	56	1	0
q4	0	3	0	0	3	0
q5-impalcato	14	217	-94	14	217	92
q6.1	384	53	-47	381	53	-46
q6.2	116	163	-72	116	163	-66
q6.3	115	49	-137	114	49	-138
q7	45	0	0	44	0	0

#### PILA P03

##### SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

	Link_DX_03			Link_SX_03		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	0	11	3588	1	11	3527
g2	0	3	827	0	3	813
e2	6	5	63	6	5	-79
e3	22	15	-100	23	15	-126
q1.1	2	14	3281	2	1	2576
q1.2	1	3	-332	0	3	1085
q3	57	0	1	57	0	1
q4	0	3	0	0	3	0
q5-impalcato	4	212	-98	4	212	96
q6.1	389	50	-48	386	50	-46
q6.2	118	166	-66	117	166	-64
q6.3	117	50	-138	116	50	-139
q7	44	0	0	43	0	0

PILA P04

**SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO**

	Link_DX_04			Link_SX_04		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	1	2	3586	0	2	3521
g2	0	0	826	0	0	811
e2	6	4	63	6	4	-81
e3	23	15	-99	23	15	-128
q1.1	1	2	3281	1	0	2568
q1.2	1	1	-85	1	1	859
q3	54	0	-1	54	0	-1
q4	0	3	0	0	3	0
q5-impalcato	6	213	-91	6	213	91
q6.1	372	51	-50	369	51	-50
q6.2	114	164	-81	113	164	-83
q6.3	112	49	-142	111	49	-143
q7	44	0	0	43	0	0

PILA P05

**SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO**

	Link_DX_05			Link_SX_05		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	1	0	3653	0	0	3569
g2	0	0	842	0	0	822
e2	18	4	124	18	4	-20
e3	68	13	-197	67	13	-33
q1.1	0	1	3237	0	0	2522
q1.2	1	1	99	1	1	1046
q3	53	1	0	53	1	0
q4	0	3	0	0	3	0
q5-impalcato	16	218	-94	16	218	93
q6.1	364	53	-50	361	53	-53
q6.2	113	159	-90	112	159	-89
q6.3	109	48	-141	109	48	-141
q7	45	0	0	44	0	0

PILA P06

**SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO**

	Link_DX_06			Link_SX_06		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	1	0	3289	0	0	3245
g2	0	0	758	0	0	748
e2	32	2	-201	32	2	-304
e3	116	6	-318	116	6	-481
q1.1	0	0	3004	0	0	2312
q1.2	1	1	170	0	1	931
q3	55	1	0	55	1	1
q4	0	3	0	0	3	0
q5-impalcato	25	186	-86	26	186	85
q6.1	378	60	-49	375	60	-51
q6.2	118	178	-75	118	178	-80
q6.3	114	54	-148	113	54	-148
q7	40	0	0	40	0	0

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

#### SOTTOSTRUTTURA PILA P01-P02-P03-P04-P05-P06

##### 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				q2				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				q6				
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	
	g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	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							
	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	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	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	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	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	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	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	0.60	-0.60	0.50	-0.50
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	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	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	0	-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
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	0.75	0.75	0.75	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	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	0	0
q5-imp	0.60	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	-0.20	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	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	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	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	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	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	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	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	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	425	83	337	-5	421	79	334	-9	592	249	504	161	589	247	501	159
Fy	374	354	-339	-360	376	355	-338	-359	377	356	-337	-358	378	357	-336	-357
Fz	21504	20351	21502	20349	20230	19077	20227	19074	20231	19078	20228	19075	19275	18122	19273	18119
Mx	13562	12491	6595	5524	17637	16567	10671	9600	11414	10344	4448	3377	14471	13400	7504	6434
My	3689	690	2919	-80	3659	660	2889	-110	5149	2150	4380	1381	5127	2128	4357	1358

	SLU															
	q4								q5							
Fx	421	79	334	-9	419	77	331	-11	450	107	303	-39	447	105	301	-42
Fy	382	361	-332	-353	383	362	-331	-352	612	591	-578	-598	613	593	-577	-597
Fz	20231	19077	20228	19075	19275	18122	19273	18119	20232	19078	20228	19074	19276	18122	19272	18118
Mx	11457	10387	4491	3420	14514	13444	7548	6477	13711	12641	2101	1030	16768	15698	5157	4087
My	3659	660	2889	-110	3636	637	2866	-132	3906	907	2623	-376	3883	885	2601	-398

	SLU e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
	Fx	535	-36	447	-124	532	-39	444	-126	1000	762	486	248	484
Fy	381	347	-333	-367	382	348	-332	-366	118	103	353	339	115	100
Fz	20615	18693	20613	18691	19659	17737	19657	17735	12255	11454	12254	11453	12413	11612
Mx	11746	9962	4780	2995	14803	13019	7836	6052	1888	1145	3743	3000	1860	1116
My	4649	-349	3879	-1119	4626	-372	3857	-1141	8091	6008	4042	1959	4025	1942

	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq				S.L.qp							
	Fx	326	41	268	-18	308	23	250	-36	307	21	287	2	289	3	269	-16	263	25	263	25	263	25	263	25	263	25	263
Fy	252	235	-224	-241	251	233	-225	-243	94	76	-65	-82	92	75	-67	-84	12	-2	12	-2	12	-2	12	-2	12	-2	12	-2
Fz	15095	14134	15094	14132	10143	9182	10141	9180	15095	14133	15094	14133	10142	9181	10142	9181	12184	11383	12184	11383	12184	11383	12184	11383	12184	11383	12184	11383
Mx	8273	7381	3629	2737	-3646	-4538	-8290	-9182	6725	5833	5177	4285	-5194	-6086	-6742	-7634	1049	306	1049	306	1049	306	1049	306	1049	306	1049	306
My	2835	336	2322	-178	2677	178	2163	-336	2664	165	2493	-6	2506	6	2334	-165	2282	200	2282	200	2282	200	2282	200	2282	200	2282	200

**PILA P02**

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

		SLU								q3							
		q1				q2				q3				q4			
Fx	286	86	236	36	287	87	237	37	450	251	400	200	451	251	401	201	
Fy	453	416	-394	-431	453	416	-394	-431	456	419	-392	-429	456	419	-392	-429	
Fz	23127	22892	23126	22891	21712	21476	21711	21475	21747	21511	21746	21510	20685	20450	20684	20449	
Mx	16001	14779	5838	4617	20529	19307	10367	9145	13690	12469	3528	2307	17086	15865	6924	5703	
My	3153	922	2591	361	3164	933	2602	372	4988	2758	4426	2196	4996	2766	4435	2204	

		q4				q5										
Fx	283	83	233	33	284	84	234	34	299	100	216	16	300	100	216	16
Fy	462	426	-385	-422	462	425	-385	-422	736	699	-677	-714	735	699	-677	-714
Fz	21746	21510	21745	21509	20684	20449	20683	20448	21746	21511	21744	21509	20685	20449	20683	20447
Mx	13764	12542	3602	2380	17160	15938	6998	5776	17048	15827	111	-1110	20444	19223	3507	2286
My	3122	892	2560	330	3130	900	2569	338	3303	1072	2366	136	3311	1080	2375	144

		SLU e3				SLV q6.x				SLV q6.y		SLV q6.z		
Fx	349	16	299	-34	350	17	300	-33	1076	937	448	309	446	308
Fy	466	404	-382	-443	465	404	-382	-444	140	114	404	378	136	111
Fz	21824	21432	21823	21431	20763	20370	20762	20369	13118	12955	13117	12953	13280	13117
Mx	14068	12032	3906	1870	17464	15428	7302	5266	2326	1477	4860	4012	2281	1433
My	3859	141	3297	-420	3867	150	3305	-412	10445	8896	4510	2961	4496	2947

		S.L.car				SLE				S.L.freq				S.L.qp				
Fx	215	48	181	15	200	33	166	-1	204	37	193	26	188	22	177	11	177	38
Fy	307	276	-258	-289	306	276	-259	-289	119	88	-70	-101	118	87	-70	-101	21	-4
Fz	16130	15934	16130	15933	10778	10581	10777	10581	16130	15934	16130	15934	10777	10581	10777	10581	13044	12881
Mx	9844	8826	3069	2051	-3072	-4089	-9846	-10864	7585	6567	5327	4309	-5330	-6348	-7588	-8606	1172	323
My	2374	515	1999	141	2201	342	1826	-32	2249	390	2124	265	2076	217	1951	92	1948	399

**PILA P03**

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

		SLU								q3							
		q1				q2				q3				q4			
Fx	261	197	248	184	251	186	238	174	422	358	409	345	414	350	402	337	
Fy	448	405	-378	-420	447	405	-378	-421	448	405	-377	-420	448	405	-378	-420	
Fz	22401	22364	22400	22363	20945	20908	20944	20907	21002	20965	21001	20964	19910	19874	19910	19873	
Mx	15407	14219	6375	5188	20141	18953	11110	9922	13042	11854	4010	2823	16593	15405	7561	6374	
My	2559	1917	2433	1791	2455	1813	2330	1688	4163	3521	4037	3395	4085	3443	3959	3318	

		q4				q5										
Fx	252	187	239	175	244	180	232	167	256	192	235	171	248	184	227	163
Fy	456	414	-369	-412	456	413	-369	-412	722	680	-653	-696	722	679	-653	-696
Fz	21000	20963	20999	20962	19909	19872	19908	19871	21001	20964	20999	20962	19909	19872	19907	19871
Mx	13125	11938	4094	2907	16676	15489	7645	6457	16045	14858	993	-195	19596	18409	4544	3356
My	2469	1827	2343	1701	2391	1749	2265	1624	2509	1867	2299	1658	2431	1790	2222	1580

		SLU e3				SLV q6.x				SLV q6.y		SLV q6.z		
Fx	273	166	261	153	265	158	253	145	934	890	391	346	389	344
Fy	462	390	-364	-435	461	390	-364	-435	131	101	375	345	130	100
Fz	21013	20951	21012	20950	19921	19859	19920	19859	12519	12493	12515	12489	12677	12652
Mx	13431	11451	4399	2420	16982	15002	7950	5971	1988	1163	4132	3307	1978	1153
My	2681	1611	2555	1486	2603	1534	2478	1408	8345	7900	3588	3142	3568	3122

		S.L.car				SLE				S.L.freq				S.L.qp				
Fx	185	131	176	122	149	96	141	87	182	128	179	125	147	93	144	90	155	111
Fy	304	268	-247	-282	302	266	-248	-284	120	85	-63	-99	119	83	-65	-101	25	-5
Fz	15559	15528	15559	15528	10143	10113	10143	10112	15559	15528	15559	15528	10143	10113	10143	10112	12444	12419
Mx	9418	8428	3397	2407	-3753	-4743	-9774	-10764	7411	6421	5404	4414	-5760	-6750	-7767	-8757	1055	230
My	1811	1276	1727	1192	1461	927	1378	843	1783	1248	1755	1220	1433	899	1406	871	1521	1075

**PILA P04**

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

		SLU								SLU							
		q1				q1				q3				q3			
Fx		153	86	132	65	153	86	132	65	315	248	294	227	314	247	293	226
Fy		458	415	-389	-432	459	415	-388	-431	459	415	-388	-431	459	416	-388	-431
Fz		23838	23796	23838	23796	22385	22343	22385	22343	22438	22397	22438	22397	21348	21307	21348	21307
Mx		16814	15494	4838	3518	21555	20235	9579	8259	14470	13151	2494	1175	18026	16707	6050	4731
My		2038	1130	1753	846	2033	1125	1749	841	4227	3319	3942	3035	4223	3315	3939	3031

		SLU				SLU				SLV							
		q4				q4				q5							
Fx		152	85	131	64	152	85	131	64	159	92	124	57	159	92	124	57
Fy		467	424	-380	-423	467	424	-379	-423	740	697	-671	-715	741	697	-671	-714
Fz		22437	22395	22437	22395	21347	21305	21347	21305	22437	22395	22437	22395	21347	21305	21347	21305
Mx		14582	13262	2606	1286	18137	16818	6161	4842	18451	17132	-1509	-2828	22007	20688	2047	728
My		2026	1118	1741	834	2022	1114	1738	830	2117	1209	1643	735	2113	1206	1640	732

		SLU				SLV				SLV					
		e3				q6.x				q6.y		q6.z			
Fx		174	63	153	42	174	63	153	42	1107	1061	409	363	400	354
Fy		472	400	-374	-447	473	401	-374	-446	172	142	498	467	167	137
Fz		22451	22381	22451	22381	21361	21292	21361	21292	13590	13561	13586	13557	13766	13737
Mx		14899	12700	2923	724	18455	16256	6479	4280	2731	1815	6431	5515	2669	1753
My		2325	812	2040	528	2321	808	2037	524	12622	11992	4784	4154	4689	4058

		S.L.car				S.L.freq				S.L.qp							
Fx		111	55	97	41	106	50	92	36	106	50	101	45	101	45	96	41
Fy		311	275	-254	-290	309	273	-255	-292	123	86	-66	-102	121	85	-67	-103
Fz		16624	16589	16624	16589	11204	11170	11204	11170	16624	16589	16624	16589	11204	11204	11170	11170
Mx		10367	9268	2383	1284	-2731	-3831	-10715	-11815	7706	6606	5044	3945	-5393	-6492	-8054	-9154
My		1472	716	1283	526	1406	650	1217	460	1409	653	1346	590	1343	587	1280	523

**PILA P05**

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

		SLU								SLU							
		q1				q1				q3				q3			
Fx		251	56	194	0	250	56	193	-1	409	215	352	158	409	215	352	158
Fy		466	429	-408	-445	467	430	-407	-444	469	431	-405	-443	469	432	-405	-442
Fz		24649	24412	24647	24410	23231	22993	23229	22991	23264	23026	23262	23024	22200	21962	22198	21960
Mx		17567	16266	4244	2943	22042	20742	8720	7419	15268	13968	1945	645	18625	17324	5302	4001
My		3657	793	2819	-45	3648	783	2810	-55	6000	3136	5162	2297	5993	3128	5155	2290

		SLU				SLU				SLV							
		q4				q4				q5							
Fx		251	57	194	0	250	56	194	0	269	75	175	-19	269	75	174	-20
Fy		475	438	-399	-436	476	438	-398	-436	757	720	-700	-737	758	720	-699	-736
Fz		23264	23026	23262	23024	22200	21962	22198	21960	23265	23027	23261	23024	22201	21963	22197	21960
Mx		15361	14061	2039	738	18718	17417	5395	4094	19665	18365	-2539	-3840	23022	21721	817	-484
My		3664	800	2826	-39	3657	792	2819	-46	3933	1069	2537	-328	3926	1062	2529	-335

		SLU				SLV				SLV					
		e3				q6.x				q6.y		q6.z			
Fx		315	-8	258	-65	315	-9	258	-66	1193	1058	490	355	470	335
Fy		478	416	-396	-458	479	417	-395	-457	191	165	542	516	178	152
Fz		23343	22947	23341	22945	22279	21883	22277	21881	14243	14078	14240	14074	14424	14259
Mx		15658	13490	2335	167	19014	16846	5692	3524	3242	2339	7536	6632	3077	2174
My		4609	-165	3771	-1003	4602	-172	3764	-1010	14893	12903	6315	4326	6093	4104

		S.L.car				S.L.freq				S.L.qp							
Fx		190	29	153	-9	190	28	152	-10	178	16	165	3	177	16	165	3
Fy		315	284	-267	-299	314	282	-269	-300	121	90	-73	-104	119	88	-75	-106
Fz		17255	17057	17254	17056	11886	11688	11885	11687	17255	17057	17254	17056	11886	11885	11687	11687
Mx		10884	9800	2003	919	-2014	-3098	-10896	-11980	7924	6840	4963	3879	-4975	-6059	-7935	-9019
My		2784	397	2225	-162	2775	388	2216	-171	2598	211	2411	24	2589	202	2402	15

**PILA P06**

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

	SLU								q3							
Fx	363	30	271	-62	363	29	271	-62	528	195	436	103	528	194	436	103
Fy	385	368	-358	-375	385	368	-357	-374	387	370	-356	-373	387	371	-355	-372
Fz	23057	21906	23056	21905	21777	20626	21777	20625	21778	20628	21778	20627	20819	19668	20818	19667
Mx	14596	13773	4889	4065	18627	17804	8920	8096	12438	11615	2731	1907	15461	14638	5754	4930
My	4452	329	3318	-805	4451	328	3317	-806	6492	2368	5357	1234	6491	2368	5357	1233

	SLU								q5							
Fx	364	31	272	-61	364	31	272	-61	394	60	241	-93	394	60	241	-93
Fy	392	375	-350	-367	393	376	-350	-367	632	615	-606	-623	633	616	-605	-622
Fz	21778	20627	21777	20626	20818	19667	20817	19666	21778	20627	21777	20626	20818	19667	20817	19666
Mx	12509	11686	2802	1978	15532	14709	5825	5001	15647	14824	-532	-1356	18670	17847	2491	1668
My	4465	342	3331	-793	4464	341	3330	-793	4830	707	2939	-1184	4829	706	2938	-1185

	SLU								SLV					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	474	-82	383	-173	474	-82	382	-174	1202	970	552	321	523	292
Fy	390	362	-353	-381	391	362	-352	-380	158	146	445	433	141	130
Fz	22162	20243	22161	20242	21202	19283	21201	19282	13394	12594	13393	12593	13564	12765
Mx	12686	11313	2978	1606	15709	14337	6001	4629	2333	1761	5388	4816	2161	1589
My	5826	-1046	4692	-2180	5825	-1047	4691	-2181	12818	9954	6095	3232	5830	2967

	SLE								S.L.freq								S.L.qp	
Fx	283	5	222	-56	283	5	221	-57	262	-16	242	-36	262	-16	242	-36	229	-3
Fy	258	244	-237	-251	257	243	-238	-252	93	79	-72	-86	92	78	-73	-87	9	-3
Fz	16241	15282	16241	15281	11267	10308	11267	10307	16241	15282	16241	15281	11267	10308	11267	10308	13319	12519
Mx	8905	8219	2433	1747	-3046	-3732	-9518	-10204	6748	6061	4590	3904	-5203	-5889	-7360	-8047	756	184
My	3470	34	2714	-722	3468	33	2712	-724	3218	-218	2966	-470	3216	-220	2964	-472	2804	-59

**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								q3							
Fx	184	14	140	-30	182	12	138	-32	269	99	225	55	268	98	224	54
Fy	189	177	-143	-155	192	180	-141	-152	190	178	-143	-154	192	180	-140	-152
Fz	8972	9392	9118	9539	8114	8535	8261	8681	7961	8382	8108	8528	7318	7739	7465	7885
V	263	178	200	158	264	180	197	155	329	204	266	164	330	205	265	161

	SLU								q5							
Fx	184	14	140	-30	183	13	139	-31	198	28	125	-45	197	27	124	-46
Fy	192	181	-140	-151	194	183	-138	-149	299	287	-255	-266	301	290	-253	-264
Fz	7962	8383	8108	8529	7319	7739	7465	7886	7913	8334	8157	8578	7270	7691	7514	7934
V	266	181	198	154	267	183	196	153	359	289	284	270	360	291	281	268

	SLU								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	240	-43	196	-87	239	-44	195	-88	509	391	235	117	234	116
Fy	192	173	-140	-159	194	175	-138	-157	72	64	197	189	70	62
Fz	7822	8523	7968	8669	7179	7880	7325	8026	3650	3942	3638	3930	3553	3845
V	307	178	241	182	308	181	239	180	514	396	307	222	244	131

	SLU								q3							
Fx	182	13	138	-31	183	14	139	-30	268	98	224	54	268	99	224	55
Fy	197	186	-135	-146	192	180	-140	-152	196	184	-136	-148	192	180	-140	-152
Fz	7770	8504	7628	8361	4225	4959	4083	4816	6989	7722	6847	7580	4331	5064	4188	4921
V	269	186	193	150	265	181	198	155	332	209	262	157	330	206	264	161

	SLU								q5							
Fx	183	13	139	-31	183	14	139	-30	197	28	124	-46	198	28	124	-45
Fy	199	187	-134	-145	195	183	-138	-149	305	294	-248	-260	301	290	-252	-264
Fz	6990	7723	6847	7581	4331	5064	4189	4922	7037	7770	6800	7533	4378	5111	4141	4874
V	270	188	193	148	267	184	196	152	363	295	277	264	360	291	281	268

Link_SX_01	SLU								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	239	-43	195	-88	239	-43	195	-87	506	389	234	117	233	115
Fy	198	179	-134	-153	194	175	-138	-157	73	65	197	189	70	62
Fz	6745	7967	6603	7825	4086	5308	3944	5166	3325	3835	3316	3825	3226	3736
V	311	184	236	176	308	180	239	179	512	394	306	222	243	131

## PILA P02

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

Link_DX_02	SLU															
	q1								q3							
Fx	129	29	103	3	127	27	102	2	212	112	187	87	211	111	186	86
Fy	239	220	-152	-170	231	213	-159	-178	238	220	-152	-171	232	214	-158	-177
Fz	10322	10608	10491	10777	5658	5944	5828	6113	9230	9516	9400	9685	5733	6018	5902	6188
V	272	222	183	170	264	214	189	178	319	247	241	192	314	241	244	197

Link_DX_02	SLU															
	q4								q5							
Fx	128	28	103	3	128	28	102	2	137	37	94	-6	136	36	93	-7
Fy	242	223	-149	-168	236	217	-155	-174	367	348	-284	-303	361	343	-290	-309
Fz	9231	9517	9401	9686	5733	6019	5903	6188	9175	9461	9457	9743	5677	5963	5959	6245
V	274	225	181	168	268	219	186	174	392	350	299	303	386	344	305	309

Link_DX_02	SLU								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	161	-5	136	-31	161	-6	135	-32	465	396	198	128	196	127
Fy	243	212	-148	-179	237	206	-153	-185	79	66	188	175	75	62
Fz	9136	9612	9305	9782	5638	6114	5808	6284	4451	4649	4425	4624	4360	4559
V	292	212	201	181	287	206	204	187	472	401	273	217	210	141

Link_SX_02	SLU															
	q1								q3							
Fx	126	26	100	0	126	26	101	1	209	109	184	84	210	110	184	84
Fy	238	219	-153	-172	231	213	-159	-178	237	218	-154	-173	232	214	-158	-177
Fz	9332	9382	9166	9217	5836	5887	5671	5721	8481	8532	8316	8366	5859	5910	5694	5744
V	269	220	183	172	264	214	189	178	316	244	240	192	313	240	243	196

Link_SX_02	SLU															
	q4								q5							
Fx	126	26	100	0	126	26	101	1	134	34	91	-8	135	35	92	-8
Fy	240	222	-150	-169	236	217	-155	-174	366	347	-285	-304	361	343	-290	-309
Fz	8482	8532	8316	8367	5860	5910	5694	5745	8537	8587	8261	8311	5915	5965	5639	5690
V	271	223	181	169	267	219	185	174	390	349	300	304	386	344	304	309

Link_SX_02	SLU								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	159	-8	133	-33	159	-7	134	-33	462	392	196	126	195	125
Fy	242	211	-149	-180	237	206	-153	-185	79	66	188	175	75	62
Fz	8465	8549	8299	8383	5843	5927	5678	5762	4285	4320	4265	4300	4193	4228
V	289	211	200	183	286	206	204	188	468	398	272	216	209	140

## PILA P03

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

Link_DX_03	SLU															
	q1								q3							
Fx	70	38	63	31	69	36	62	30	155	122	148	116	154	121	147	115
Fy	246	223	-137	-159	231	209	-152	-174	241	219	-141	-163	230	208	-152	-174
Fz	10305	10449	10481	10625	5427	5570	5602	5746	9199	9343	9375	9519	5540	5684	5716	5860
V	255	227	151	162	241	212	164	176	286	251	205	200	277	241	212	209

Link_DX_03	SLU															
	q4								q5							
Fx	69	37	63	31	68	36	62	30	71	39	61	28	70	38	60	27
Fy	245	223	-137	-159	234	212	-148	-170	368	346	-269	-291	357	335	-280	-302
Fz	9198	9342	9374	9517	5539	5683	5715	5858	9139	9283	9432	9576	5480	5624	5773	5917
V	255	226	151	162	244	215	160	173	375	348	276	293	364	337	286	303

Link_DX_03	SLU								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	80	26	73	20	79	25	73	19	433	411	162	140	161	139
Fy	248	211	-134	-171	237	200	-145	-182	76	61	192	176	76	61
Fz	9150	9389	9326	9565	5491	5731	5667	5906	4380	4480	4362	4462	4290	4390
V	261	213	153	172	250	202	162	183	440	416	251	225	178	151

Link_SX_03	SLU								q3							
	q1				q3				q3				q3			
Fx	71	38	65	32	68	36	62	29	155	123	149	116	153	121	147	114
Fy	227	205	-155	-177	231	208	-152	-174	227	205	-155	-177	230	208	-153	-175
Fz	9237	9418	9065	9246	7225	7405	7052	7233	8369	8550	8197	8378	6860	7041	6688	6869
V	238	209	168	180	240	211	164	176	275	239	215	212	276	240	212	209

Link_SX_03	SLU								q5							
	q4				q5				q5				q5			
Fx	70	38	64	31	68	36	62	29	72	40	62	29	70	38	60	27
Fy	232	210	-151	-173	234	212	-148	-171	355	332	-283	-305	357	335	-280	-302
Fz	8368	8548	8195	8376	6858	7039	6686	6867	8425	8606	8138	8319	6916	7097	6629	6809
V	242	213	164	176	244	215	161	173	362	335	289	306	364	337	287	304

Link_SX_03	SLU								S.L.V.					
	e3				q6.x				q6.y		q6.z			
Fx	81	27	75	20	79	25	73	18	431	409	162	140	161	138
Fy	235	198	-148	-185	237	200	-146	-182	76	61	192	176	76	60
Fz	8307	8609	8135	8436	6798	7099	6626	6927	4152	4277	4134	4260	4059	4184
V	248	199	166	186	250	202	163	183	438	413	251	225	178	151

**PILA P04**

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

Link_DX_04	SLU								q3							
	q1				q3				q3				q3			
Fx	72	39	62	29	73	40	63	29	154	120	143	110	154	121	144	110
Fy	212	191	-171	-192	211	189	-172	-194	212	190	-171	-192	211	190	-172	-193
Fz	10307	10450	10471	10614	5764	5907	5928	6071	9199	9342	9363	9506	5792	5935	5956	6099
V	224	194	182	194	223	193	183	196	262	225	223	222	261	225	224	223

Link_DX_04	SLU								q5							
	q4				q5				q5				q5			
Fx	72	39	62	28	73	39	62	29	76	42	58	25	76	43	59	25
Fy	216	195	-167	-188	215	194	-168	-189	339	318	-299	-321	338	317	-300	-321
Fz	9200	9343	9364	9507	5793	5936	5956	6099	9146	9288	9418	9561	5738	5881	6011	6154
V	228	198	178	190	227	198	179	191	348	320	304	321	347	320	305	322

Link_DX_04	SLU								S.L.V.					
	e3				q6.x				q6.y		q6.z			
Fx	83	27	73	17	84	28	73	18	418	394	160	136	157	134
Fy	219	183	-164	-200	218	182	-165	-201	65	50	178	163	63	48
Fz	9153	9391	9316	9554	5745	5983	5909	6147	4375	4474	4344	4443	4284	4383
V	234	185	179	201	234	184	180	202	423	398	239	212	170	143

Link_SX_04	SLU								q3							
	q1				q3				q3				q3			
Fx	70	37	60	26	70	37	60	26	151	118	141	107	151	118	140	107
Fy	210	189	-173	-194	211	189	-172	-194	211	189	-172	-194	211	190	-172	-193
Fz	9208	9393	9045	9230	6901	7085	6738	6922	8341	8525	8177	8362	6610	6795	6447	6631
V	222	192	183	196	222	193	182	195	259	223	222	222	260	223	222	221

Link_SX_04	SLU								q5							
	q4				q5				q5				q5			
Fx	70	37	60	26	70	37	60	26	74	40	56	22	74	40	56	22
Fy	215	193	-168	-190	215	194	-168	-189	338	316	-300	-322	338	317	-300	-321
Fz	8342	8526	8178	8363	6611	6795	6448	6632	8396	8581	8124	8308	6665	6850	6393	6578
V	226	197	178	192	226	197	178	191	346	319	305	323	346	319	305	322

Link_SX_04	SLU								S.L.V.					
	e3				q6.x				q6.y		q6.z			
Fx	81	25	71	15	81	25	71	15	413	390	157	134	155	132
Fy	218	181	-165	-202	218	182	-165	-201	65	50	178	163	63	48
Fz	8280	8588	8117	8424	6549	6857	6386	6694	4137	4265	4104	4232	4045	4173
V	232	183	180	202	233	184	179	202	418	393	237	211	168	140

**PILA P05**

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

Link_DX_05	SLU								q3							
	q1				q3				q3				q3			
Fx	127	30	99	2	128	31	100	2	207	109	178	81	207	110	179	82
Fy	212	193	-181	-200	212	193	-181	-200	213	194	-180	-199	213	194	-180	-199
Fz	10361	10646	10531	10815	6124	6409	6294	6578	9269	9553	9439	9723	6091	6375	6261	6545
V	247	195	206	200	247	195	207	200	297	223	253	215	297	223	254	215

Link_DX_05	SLU								q5							
	q4				q5				q5				q5			
Fx	127	30	99	2	128	31	100	2	136	39	89	-8	137	40	90	-7
Fy	216	197	-177	-196	216	197	-177	-195	342	324	-312	-331	342	324	-312	-331
Fz	9269	9553	9439	9723	6091	6375	6261	6545	9212	9496	9495	9779	6034	6319	6317	6602
V	251	200	203	196	251	200	203	195	368	326	325	331	369	326	325	331

Link_DX_05	SLU								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	159	-3	131	-31	160	-2	132	-30	444	377	193	125	190	122
Fy	218	186	-175	-206	218	187	-175	-206	64	51	169	156	59	46
Fz	9174	9648	9344	9818	5996	6470	6166	6640	4471	4668	4431	4628	4380	4578
V	270	186	219	209	270	187	219	209	449	380	257	200	198	130

Link_SX_05	SLU								S.L.V.										
	q1				q3				q6.x				q6.y				q6.z		
Fx	125	28	96	-1	125	28	97	0	204	107	175	78	204	107	176	79			
Fy	211	193	-182	-200	212	193	-181	-200	213	194	-180	-199	213	194	-180	-199			
Fz	9368	9415	9200	9248	7376	7423	7208	7256	8517	8564	8349	8396	7023	7070	6855	6902			
V	245	195	205	200	246	195	205	200	295	221	251	214	295	222	251	214			

Link_SX_05	SLU								S.L.V.										
	q4				q5				q6.x				q6.y				q6.z		
Fx	125	28	96	-1	125	29	97	0	134	37	86	-10	135	38	87	-10			
Fy	216	197	-177	-196	216	197	-177	-195	342	323	-313	-331	342	324	-312	-331			
Fz	8517	8564	8349	8397	7023	7070	6855	6903	8573	8620	8293	8341	7079	7126	6800	6847			
V	249	199	202	196	250	199	201	195	367	325	324	332	368	326	324	331			

Link_SX_05	SLU								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	157	-5	128	-33	157	-4	129	-33	440	372	190	123	187	120
Fy	217	186	-176	-207	218	187	-175	-206	64	51	169	156	59	46
Fz	8501	8580	8334	8412	7007	7086	6840	6918	4301	4334	4266	4298	4213	4246
V	268	186	217	209	269	187	217	209	444	376	255	199	196	128

**PILA P06**

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

Link_DX_06	SLU								S.L.V.										
	q1				q3				q6.x				q6.y				q6.z		
Fx	183	15	137	-30	184	17	138	-29	265	98	220	53	266	99	221	54			
Fy	174	166	-160	-169	175	166	-160	-168	175	167	-159	-168	176	167	-159	-168			
Fz	8973	9431	9127	9585	5147	5606	5301	5760	7959	8417	8113	8571	5090	5548	5244	5702			
V	252	166	211	172	254	167	212	171	318	194	271	176	319	194	272	176			

Link_DX_06	SLU								S.L.V.										
	q4				q5				q6.x				q6.y				q6.z		
Fx	183	16	138	-30	184	17	139	-29	198	31	122	-45	199	32	123	-44			
Fy	178	170	-157	-165	178	170	-156	-165	286	277	-272	-281	286	277	-272	-280			
Fz	7959	8417	8113	8571	5090	5548	5244	5702	7908	8366	8164	8623	5038	5497	5295	5754			
V	255	170	208	168	256	171	209	167	347	279	298	284	348	279	298	284			

Link_DX_06	SLU								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	238	-40	193	-86	239	-39	194	-85	493	377	234	118	229	113
Fy	177	163	-158	-172	177	163	-157	-172	65	59	182	176	58	53
Fz	7806	8570	7960	8724	4937	5701	5091	5855	3638	3957	3612	3931	3540	3859
V	297	168	249	192	298	168	250	191	497	381	296	212	236	124

Link_SX_06	SLU								S.L.V.										
	q1				q3				q6.x				q6.y				q6.z		
Fx	181	15	135	-32	181	15	135	-32	263	97	217	51	263	97	217	51			
Fy	174	166	-161	-169	175	166	-160	-168	175	167	-159	-168	176	167	-159	-168			
Fz	7878	8571	7724	8418	6014	6707	5860	6553	7098	7792	6945	7638	5700	6394	5547	6240			
V	251	166	210	172	252	167	209	171	316	193	269	175	316	193	269	175			

Link_SX_06	SLU								S.L.V.										
	q4				q5				q6.x				q6.y				q6.z		
Fx	181	15	135	-31	181	15	135	-31	196	30	119	-47	196	30	119	-47			
Fy	178	169	-157	-165	178	170	-156	-165	285	277	-272	-281	286	277	-272	-280			
Fz	7097	7791	6944	7637	5699	6393	5546	6239	7149	7842	6893	7586	5751	6444	5495	6188			
V	254	170	207	168	254	171	207	168	346	279	297	285	347	279	297	284			

Link_SX_06	SLU								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
Fx	236	-41	190	-87	236	-41	190	-87	488	373	231	116	226	111
Fy	177	163	-158	-172	177	163	-157	-172	65	59	182	176	58	53
Fz	6866	8022	6713	7868	5468	6624	5315	6470	3398	3879	3369	3851	3301	3782
V	295	168	247	193	295	168	247	193	493	378	294	211	234	123

### 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. Le unità di misura utilizzate sono kN per le forze e kNm per i momenti.

<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>	425	374	31285	14498	2626
<b>SLU2</b>	83	354	30132	13375	483
<b>SLU3</b>	337	-339	31283	5746	2076
<b>SLU4</b>	-5	-360	30129	4624	-67
<b>SLU5</b>	421	376	30011	18577	2605
<b>SLU6</b>	79	355	28857	17454	462
<b>SLU7</b>	334	-338	30008	9826	2055
<b>SLU8</b>	-9	-359	28855	8703	-88
<b>SLU9</b>	592	377	30012	12357	3670
<b>SLU10</b>	249	356	28858	11234	1527
<b>SLU11</b>	504	-337	30009	3605	3120
<b>SLU12</b>	161	-358	28856	2483	977
<b>SLU13</b>	589	378	29056	15416	3654
<b>SLU14</b>	247	357	27902	14294	1511
<b>SLU15</b>	501	-336	29053	6665	3104
<b>SLU16</b>	159	-357	27900	5542	961
<b>SLU17</b>	421	382	30011	12393	2607
<b>SLU18</b>	79	361	28858	11271	464
<b>SLU19</b>	334	-332	30009	3642	2057
<b>SLU20</b>	-9	-353	28856	2519	-86
<b>SLU21</b>	419	383	29056	15452	2591
<b>SLU22</b>	77	362	27902	14330	448
<b>SLU23</b>	331	-331	29053	6701	2041
<b>SLU24</b>	-11	-352	27900	5579	-102
<b>SLU25</b>	450	612	30012	15242	2782
<b>SLU26</b>	107	591	28859	14120	639
<b>SLU27</b>	303	-578	30008	656	1865
<b>SLU28</b>	-39	-598	28855	-466	-278
<b>SLU29</b>	447	613	29056	18301	2766
<b>SLU30</b>	105	593	27903	17179	622
<b>SLU31</b>	301	-577	29052	3716	1849
<b>SLU32</b>	-42	-597	27899	2593	-294
<b>SLU33</b>	535	381	30396	12699	3313
<b>SLU34</b>	-36	347	28474	10828	-259
<b>SLU35</b>	447	-333	30394	3948	2763
<b>SLU36</b>	-124	-367	28471	2077	-809
<b>SLU37</b>	532	382	29440	15758	3297
<b>SLU38</b>	-39	348	27518	13888	-275
<b>SLU39</b>	444	-332	29438	7007	2747
<b>SLU40</b>	-126	-366	27515	5136	-825
<b>SLV1</b>	1000	118	19500	2183	5592



**PILA 01 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLV2</b>	762	103	18699	1403	4103
<b>SLV3</b>	486	353	19499	3948	3384
<b>SLV4</b>	248	339	18698	3168	1896
<b>SLV5</b>	484	115	19658	2146	2815
<b>SLV6</b>	246	100	18857	1367	1326
<b>SLc1</b>	326	252	22340	8904	2019
<b>SLc2</b>	41	235	21379	7969	233
<b>SLc3</b>	268	-224	22339	3070	1653
<b>SLc4</b>	-18	-241	21377	2134	-133
<b>SLc5</b>	308	251	17388	-3019	1906
<b>SLc6</b>	23	233	16427	-3955	120
<b>SLc7</b>	250	-225	17386	-8854	1539
<b>SLc8</b>	-36	-243	16425	-9789	-246
<b>SLf1</b>	307	94	22340	6959	1897
<b>SLf2</b>	21	76	21378	6024	111
<b>SLf3</b>	287	-65	22339	5014	1775
<b>SLf4</b>	2	-82	21378	4079	-11
<b>SLf5</b>	289	92	17387	-4964	1784
<b>SLf6</b>	3	75	16426	-5899	-2
<b>SLf7</b>	269	-67	17387	-6909	1662
<b>SLf8</b>	-16	-84	16426	-7844	-124
<b>SLqp1</b>	263	12	19429	1080	1625
<b>SLqp2</b>	25	-2	18628	301	136

**PILA 02 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLU1</b>	286	453	32908	17134	2438
<b>SLU2</b>	86	416	32672	15820	707
<b>SLU3</b>	236	-394	32907	4853	2002
<b>SLU4</b>	36	-431	32671	3539	271
<b>SLU5</b>	287	453	31492	21661	2446
<b>SLU6</b>	87	416	31257	20348	715
<b>SLU7</b>	237	-394	31491	9380	2010
<b>SLU8</b>	37	-431	31256	8067	280
<b>SLU9</b>	450	456	31527	14830	3862
<b>SLU10</b>	251	419	31292	13516	2131
<b>SLU11</b>	400	-392	31526	2549	3426
<b>SLU12</b>	200	-429	31291	1235	1695
<b>SLU13</b>	451	456	30466	18225	3868
<b>SLU14</b>	251	419	30231	16912	2137
<b>SLU15</b>	401	-392	30465	5945	3432
<b>SLU16</b>	201	-429	30230	4631	1702
<b>SLU17</b>	283	462	31527	14897	2415
<b>SLU18</b>	83	426	31291	13583	685
<b>SLU19</b>	233	-385	31526	2616	1980
<b>SLU20</b>	33	-422	31290	1302	249

<b>PILA 02 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA</b>					
	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLU21</b>	284	462	30465	18292	2422
<b>SLU22</b>	84	425	30230	16979	691
<b>SLU23</b>	234	-385	30464	6011	1986
<b>SLU24</b>	34	-422	30229	4698	255
<b>SLU25</b>	299	736	31527	18887	2554
<b>SLU26</b>	100	699	31291	17574	823
<b>SLU27</b>	216	-677	31525	-1581	1828
<b>SLU28</b>	16	-714	31290	-2895	97
<b>SLU29</b>	300	735	30465	22283	2560
<b>SLU30</b>	100	699	30230	20969	829
<b>SLU31</b>	216	-677	30464	1815	1834
<b>SLU32</b>	16	-714	30228	501	103
<b>SLU33</b>	349	466	31605	15232	2986
<b>SLU34</b>	16	404	31213	13042	101
<b>SLU35</b>	299	-382	31604	2951	2550
<b>SLU36</b>	-34	-443	31212	761	-335
<b>SLU37</b>	350	465	30544	18627	2992
<b>SLU38</b>	17	404	30151	16438	107
<b>SLU39</b>	300	-382	30543	6346	2556
<b>SLU40</b>	-33	-444	30150	4157	-329
<b>SLV1</b>	1076	140	20363	2675	7755
<b>SLV2</b>	937	114	20200	1763	6553
<b>SLV3</b>	448	404	20362	5095	4067
<b>SLV4</b>	309	378	20198	4183	2865
<b>SLV5</b>	446	136	20525	2622	3380
<b>SLV6</b>	308	111	20362	1710	2178
<b>SLc1</b>	215	307	23375	10611	1836
<b>SLc2</b>	48	276	23179	9516	394
<b>SLc3</b>	181	-258	23375	2423	1546
<b>SLc4</b>	15	-289	23178	1329	103
<b>SLc5</b>	200	306	18023	-2305	1702
<b>SLc6</b>	33	276	17826	-3400	259
<b>SLc7</b>	166	-259	18022	-10493	1411
<b>SLc8</b>	-1	-289	17826	-11588	-31
<b>SLf1</b>	204	119	23375	7882	1739
<b>SLf2</b>	37	88	23179	6787	297
<b>SLf3</b>	193	-70	23375	5152	1642
<b>SLf4</b>	26	-101	23179	4058	200
<b>SLf5</b>	188	118	18022	-5035	1605
<b>SLf6</b>	22	87	17826	-6129	163
<b>SLf7</b>	177	-70	18022	-7764	1508
<b>SLf8</b>	11	-101	17826	-8858	66
<b>SLqp1</b>	177	21	20289	1225	1506
<b>SLqp2</b>	38	-4	20126	313	304

<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>	261	448	32181	16526	1906
<b>SLU2</b>	197	405	32145	15231	1426
<b>SLU3</b>	248	-378	32181	5431	1812
<b>SLU4</b>	184	-420	32144	4136	1331
<b>SLU5</b>	251	447	30726	21260	1829
<b>SLU6</b>	186	405	30689	19965	1348
<b>SLU7</b>	238	-378	30725	10165	1735
<b>SLU8</b>	174	-421	30688	8870	1254
<b>SLU9</b>	422	448	30783	14162	3108
<b>SLU10</b>	358	405	30746	12867	2627
<b>SLU11</b>	409	-377	30782	3067	3013
<b>SLU12</b>	345	-420	30745	1772	2533
<b>SLU13</b>	414	448	29691	17712	3050
<b>SLU14</b>	350	405	29654	16417	2569
<b>SLU15</b>	402	-378	29690	6617	2955
<b>SLU16</b>	337	-420	29653	5322	2475
<b>SLU17</b>	252	456	30781	14244	1839
<b>SLU18</b>	187	414	30744	12949	1358
<b>SLU19</b>	239	-369	30780	3149	1745
<b>SLU20</b>	175	-412	30743	1854	1264
<b>SLU21</b>	244	456	29689	17794	1781
<b>SLU22</b>	180	413	29652	16499	1300
<b>SLU23</b>	232	-369	29689	6699	1687
<b>SLU24</b>	167	-412	29652	5405	1206
<b>SLU25</b>	256	722	30781	17851	1869
<b>SLU26</b>	192	680	30744	16557	1388
<b>SLU27</b>	235	-653	30780	-640	1712
<b>SLU28</b>	171	-696	30743	-1935	1231
<b>SLU29</b>	248	722	29690	21402	1811
<b>SLU30</b>	184	679	29653	20107	1330
<b>SLU31</b>	227	-653	29688	2911	1654
<b>SLU32</b>	163	-696	29651	1616	1173
<b>SLU33</b>	273	462	30793	14585	1998
<b>SLU34</b>	166	390	30732	12427	1197
<b>SLU35</b>	261	-364	30792	3490	1904
<b>SLU36</b>	153	-435	30731	1332	1103
<b>SLU37</b>	265	461	29702	18135	1940
<b>SLU38</b>	158	390	29640	15977	1139
<b>SLU39</b>	253	-364	29701	7040	1846
<b>SLU40</b>	145	-435	29639	4882	1044
<b>SLV1</b>	934	131	19764	2315	6010
<b>SLV2</b>	890	101	19738	1415	5676
<b>SLV3</b>	391	375	19760	4370	3199
<b>SLV4</b>	346	345	19734	3471	2865
<b>SLV5</b>	389	130	19922	2302	2595
<b>SLV6</b>	344	100	19897	1403	2262
<b>SLc1</b>	185	304	22804	10177	1350

**PILA 03 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLc2</b>	131	268	22773	9098	949
<b>SLc3</b>	176	-247	22804	2781	1287
<b>SLc4</b>	122	-282	22773	1702	886
<b>SLc5</b>	149	302	17388	-2998	1088
<b>SLc6</b>	96	266	17358	-4077	687
<b>SLc7</b>	141	-248	17388	-10395	1025
<b>SLc8</b>	87	-284	17357	-11474	625
<b>SLf1</b>	182	120	22804	7712	1329
<b>SLf2</b>	128	85	22773	6633	928
<b>SLf3</b>	179	-63	22804	5246	1308
<b>SLf4</b>	125	-99	22773	4167	907
<b>SLf5</b>	147	119	17388	-5464	1067
<b>SLf6</b>	93	83	17358	-6543	666
<b>SLf7</b>	144	-65	17388	-7929	1046
<b>SLf8</b>	90	-101	17357	-9008	645
<b>SLqp1</b>	155	25	19689	1116	1132
<b>SLqp2</b>	111	-5	19664	217	799

**PILA 04 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLU1</b>	153	458	33619	17959	1655
<b>SLU2</b>	86	415	33577	16531	914
<b>SLU3</b>	132	-389	33618	3866	1423
<b>SLU4</b>	65	-432	33577	2438	683
<b>SLU5</b>	153	459	32166	22702	1651
<b>SLU6</b>	86	415	32124	21274	911
<b>SLU7</b>	132	-388	32165	8609	1419
<b>SLU8</b>	65	-431	32124	7181	679
<b>SLU9</b>	315	459	32219	15617	3440
<b>SLU10</b>	248	415	32177	14189	2700
<b>SLU11</b>	294	-388	32219	1524	3208
<b>SLU12</b>	227	-431	32177	96	2468
<b>SLU13</b>	314	459	31129	19174	3437
<b>SLU14</b>	247	416	31088	17746	2697
<b>SLU15</b>	293	-388	31129	5081	3205
<b>SLU16</b>	226	-431	31088	3653	2465
<b>SLU17</b>	152	467	32218	15726	1646
<b>SLU18</b>	85	424	32176	14299	905
<b>SLU19</b>	131	-380	32217	1633	1414
<b>SLU20</b>	64	-423	32176	206	673
<b>SLU21</b>	152	467	31128	19283	1643
<b>SLU22</b>	85	424	31086	17856	902
<b>SLU23</b>	131	-379	31128	5190	1411
<b>SLU24</b>	64	-423	31086	3763	670
<b>SLU25</b>	159	740	32218	20301	1719

**PILA 04 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLU26</b>	92	697	32176	18874	979
<b>SLU27</b>	124	-671	32217	-3187	1333
<b>SLU28</b>	57	-715	32176	-4615	593
<b>SLU29</b>	159	741	31128	23859	1717
<b>SLU30</b>	92	697	31086	22431	976
<b>SLU31</b>	124	-671	31128	370	1330
<b>SLU32</b>	57	-714	31086	-1058	590
<b>SLU33</b>	174	472	32231	16080	1889
<b>SLU34</b>	63	400	32162	13700	655
<b>SLU35</b>	153	-374	32231	1987	1657
<b>SLU36</b>	42	-447	32162	-393	423
<b>SLU37</b>	174	473	31142	19637	1886
<b>SLU38</b>	63	401	31072	17257	652
<b>SLU39</b>	153	-374	31142	5544	1654
<b>SLU40</b>	42	-446	31072	3164	420
<b>SLV1</b>	1107	172	20835	3162	9854
<b>SLV2</b>	1061	142	20806	2170	9340
<b>SLV3</b>	409	498	20831	6689	4543
<b>SLV4</b>	363	467	20802	5698	4029
<b>SLV5</b>	400	167	21011	3087	3688
<b>SLV6</b>	354	137	20982	2095	3174
<b>SLc1</b>	111	311	23869	11144	1196
<b>SLc2</b>	55	275	23834	9954	579
<b>SLc3</b>	97	-254	23869	1749	1041
<b>SLc4</b>	41	-290	23834	559	425
<b>SLc5</b>	106	309	18449	-1959	1142
<b>SLc6</b>	50	273	18415	-3149	525
<b>SLc7</b>	92	-255	18449	-11354	987
<b>SLc8</b>	36	-292	18415	-12544	371
<b>SLf1</b>	106	123	23869	8012	1145
<b>SLf2</b>	50	86	23834	6822	528
<b>SLf3</b>	101	-66	23869	4880	1093
<b>SLf4</b>	45	-102	23834	3691	476
<b>SLf5</b>	101	121	18449	-5091	1091
<b>SLf6</b>	45	85	18415	-6280	474
<b>SLf7</b>	96	-67	18449	-8222	1039
<b>SLf8</b>	41	-103	18415	-9412	422
<b>SLqp1</b>	96	25	20753	1113	1039
<b>SLqp2</b>	50	-5	20724	122	525

<b>PILA 05 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA</b>					
	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLU1</b>	251	466	34430	18732	3031
<b>SLU2</b>	56	429	34192	17338	652
<b>SLU3</b>	194	-408	34428	3224	2335
<b>SLU4</b>	0	-445	34190	1830	-45
<b>SLU5</b>	250	467	33012	23210	3023
<b>SLU6</b>	56	430	32774	21815	644
<b>SLU7</b>	193	-407	33009	7702	2327
<b>SLU8</b>	-1	-444	32772	6308	-52
<b>SLU9</b>	409	469	33045	16440	4977
<b>SLU10</b>	215	431	32807	15046	2598
<b>SLU11</b>	352	-405	33043	932	4281
<b>SLU12</b>	158	-443	32805	-462	1901
<b>SLU13</b>	409	469	31981	19798	4971
<b>SLU14</b>	215	432	31743	18404	2592
<b>SLU15</b>	352	-405	31979	4290	4275
<b>SLU16</b>	158	-442	31741	2896	1896
<b>SLU17</b>	251	475	33045	16526	3038
<b>SLU18</b>	57	438	32807	15132	659
<b>SLU19</b>	194	-399	33043	1018	2342
<b>SLU20</b>	0	-436	32805	-376	-37
<b>SLU21</b>	250	476	31981	19884	3032
<b>SLU22</b>	56	438	31743	18490	653
<b>SLU23</b>	194	-398	31979	4376	2336
<b>SLU24</b>	0	-436	31741	2982	-43
<b>SLU25</b>	269	757	33046	21558	3260
<b>SLU26</b>	75	720	32808	20164	881
<b>SLU27</b>	175	-700	33042	-4288	2100
<b>SLU28</b>	-19	-737	32804	-5683	-279
<b>SLU29</b>	269	758	31982	24916	3254
<b>SLU30</b>	75	720	31744	23522	875
<b>SLU31</b>	174	-699	31978	-930	2094
<b>SLU32</b>	-20	-736	31740	-2325	-285
<b>SLU33</b>	315	478	33124	16854	3821
<b>SLU34</b>	-8	416	32728	14530	-144
<b>SLU35</b>	258	-396	33122	1346	3125
<b>SLU36</b>	-65	-458	32726	-978	-840
<b>SLU37</b>	315	479	32060	20212	3815
<b>SLU38</b>	-9	417	31664	17888	-150
<b>SLU39</b>	258	-395	32058	4704	3119
<b>SLU40</b>	-66	-457	31662	2380	-846
<b>SLV1</b>	1193	191	21488	3721	11910
<b>SLV2</b>	1058	165	21323	2752	10257
<b>SLV3</b>	490	542	21485	7788	5921
<b>SLV4</b>	355	516	21319	6819	4269
<b>SLV5</b>	470	178	21669	3523	4919
<b>SLV6</b>	335	152	21504	2555	3267
<b>SLc1</b>	190	315	24500	11672	2308

**PILA 05 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLc2</b>	29	284	24302	10510	325
<b>SLc3</b>	153	-267	24499	1334	1844
<b>SLc4</b>	-9	-299	24301	172	-139
<b>SLc5</b>	190	314	19131	-1230	2300
<b>SLc6</b>	28	282	18933	-2392	318
<b>SLc7</b>	152	-269	19130	-11569	1836
<b>SLc8</b>	-10	-300	18932	-12731	-146
<b>SLf1</b>	178	121	24500	8226	2153
<b>SLf2</b>	16	90	24302	7064	170
<b>SLf3</b>	165	-73	24499	4780	1998
<b>SLf4</b>	3	-104	24301	3618	16
<b>SLf5</b>	177	119	19131	-4676	2146
<b>SLf6</b>	16	88	18933	-5838	163
<b>SLf7</b>	165	-75	19130	-8123	1991
<b>SLf8</b>	3	-106	18932	-9285	8
<b>SLqp1</b>	158	21	21404	1199	1905
<b>SLqp2</b>	23	-5	21239	230	252

**PILA 06 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLU1</b>	363	385	32838	15558	3544
<b>SLU2</b>	30	368	31687	14692	255
<b>SLU3</b>	271	-358	32837	3994	2639
<b>SLU4</b>	-62	-375	31686	3128	-650
<b>SLU5</b>	363	385	31558	19591	3543
<b>SLU6</b>	29	368	30407	18725	254
<b>SLU7</b>	271	-357	31557	8026	2639
<b>SLU8</b>	-62	-374	30406	7160	-651
<b>SLU9</b>	528	387	31560	13406	5171
<b>SLU10</b>	195	370	30408	12540	1882
<b>SLU11</b>	436	-356	31559	1841	4266
<b>SLU12</b>	103	-373	30408	976	977
<b>SLU13</b>	528	387	30600	16430	5171
<b>SLU14</b>	194	371	29448	15564	1882
<b>SLU15</b>	436	-355	30599	4866	4266
<b>SLU16</b>	103	-372	29448	4000	977
<b>SLU17</b>	364	392	31559	13470	3557
<b>SLU18</b>	31	375	30408	12605	268
<b>SLU19</b>	272	-350	31558	1906	2652
<b>SLU20</b>	-61	-367	30407	1040	-637
<b>SLU21</b>	364	393	30599	16495	3557
<b>SLU22</b>	31	376	29448	15629	268
<b>SLU23</b>	272	-350	30598	4930	2652
<b>SLU24</b>	-61	-367	29447	4064	-637
<b>SLU25</b>	394	632	31559	17227	3845

**PILA 06 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA**

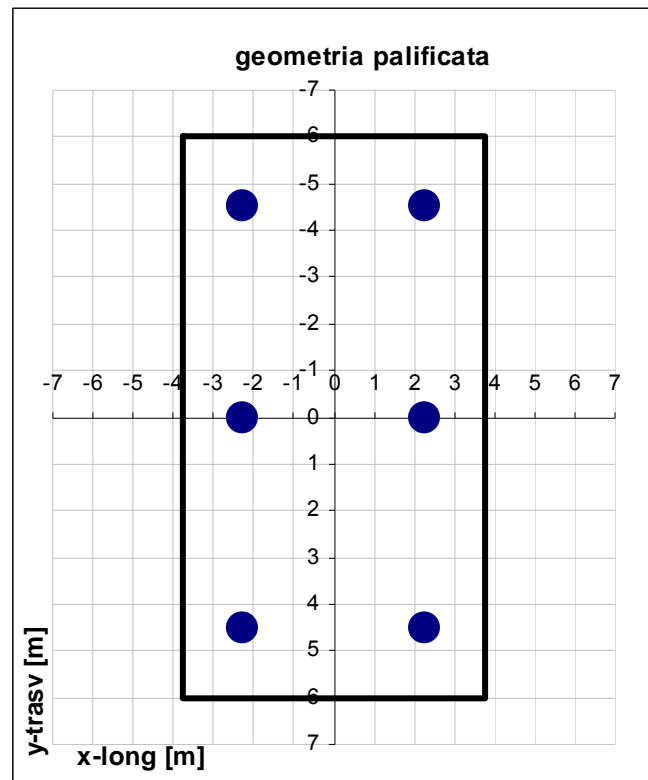
	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
<b>SLU26</b>	60	615	30408	16362	556
<b>SLU27</b>	241	-606	31558	-2047	2337
<b>SLU28</b>	-93	-623	30407	-2913	-952
<b>SLU29</b>	394	633	30599	20252	3845
<b>SLU30</b>	60	616	29448	19386	556
<b>SLU31</b>	241	-605	30598	978	2337
<b>SLU32</b>	-93	-622	29447	112	-952
<b>SLU33</b>	474	390	31943	13661	4640
<b>SLU34</b>	-82	362	30024	12218	-842
<b>SLU35</b>	383	-353	31942	2097	3735
<b>SLU36</b>	-173	-381	30023	654	-1747
<b>SLU37</b>	474	391	30983	16686	4640
<b>SLU38</b>	-82	362	29064	15242	-842
<b>SLU39</b>	382	-352	30982	5121	3735
<b>SLU40</b>	-174	-380	29063	3678	-1747
<b>SLV1</b>	1202	158	20639	2727	9812
<b>SLV2</b>	970	146	19839	2126	7528
<b>SLV3</b>	552	445	20638	5596	5523
<b>SLV4</b>	321	433	19838	4995	3239
<b>SLV5</b>	523	141	20809	2514	4522
<b>SLV6</b>	292	130	20010	1913	2238
<b>SLc1</b>	283	258	23486	9551	2763
<b>SLc2</b>	5	244	22527	8829	22
<b>SLc3</b>	222	-237	23486	1841	2160
<b>SLc4</b>	-56	-251	22526	1120	-581
<b>SLc5</b>	283	257	18512	-2403	2762
<b>SLc6</b>	5	243	17553	-3125	21
<b>SLc7</b>	221	-238	18512	-10113	2159
<b>SLc8</b>	-57	-252	17552	-10834	-582
<b>SLf1</b>	262	93	23486	6981	2562
<b>SLf2</b>	-16	79	22527	6260	-179
<b>SLf3</b>	242	-72	23486	4411	2361
<b>SLf4</b>	-36	-86	22526	3690	-380
<b>SLf5</b>	262	92	18512	-4973	2561
<b>SLf6</b>	-16	78	17553	-5695	-180
<b>SLf7</b>	242	-73	18512	-7543	2360
<b>SLf8</b>	-36	-87	17553	-8265	-381
<b>SLqp1</b>	229	9	20564	779	2232
<b>SLqp2</b>	-3	-3	19764	178	-52



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	4603	6214	5409	4214	5825	5020
SLU2	4315	5801	5058	4243	5729	4986
SLU3	5048	5687	5368	4741	5379	5060
SLU4	4760	5274	5017	4770	5283	5026
SLU5	4163	6227	5195	3777	5841	4809
SLU6	3874	5813	4844	3806	5745	4775
SLU7	4608	5699	5154	4303	5395	4849
SLU8	4319	5286	4803	4332	5299	4816
SLU9	4587	5960	5274	4044	5417	4730
SLU10	4299	5547	4923	4072	5321	4697
SLU11	5032	5433	5233	4570	4971	4770
SLU12	4744	5020	4882	4599	4875	4737
SLU13	4257	5970	5113	3716	5428	4572
SLU14	3968	5556	4762	3744	5333	4538
SLU15	4702	5442	5072	4242	4983	4612
SLU16	4413	5029	4721	4271	4887	4579
SLU17	4507	5884	5195	4120	5497	4809
SLU18	4218	5470	4844	4149	5401	4775
SLU19	4952	5356	5154	4647	5051	4849
SLU20	4663	4943	4803	4676	4956	4816
SLU21	4176	5893	5035	3792	5509	4651
SLU22	3887	5480	4684	3821	5413	4617
SLU23	4621	5366	4993	4319	5063	4691
SLU24	4333	4952	4642	4348	4967	4658
SLU25	4361	6055	5208	3949	5643	4796
SLU26	4073	5642	4857	3978	5547	4763
SLU27	5103	5176	5140	4827	4900	4863
SLU28	4814	4763	4789	4856	4804	4830
SLU29	4031	6064	5048	3621	5655	4638
SLU30	3742	5651	4697	3650	5559	4604
SLU31	4773	5185	4979	4499	4912	4705
SLU32	4484	4772	4628	4528	4816	4672
SLU33	4606	6017	5311	4115	5526	4821
SLU34	4125	5328	4726	4163	5366	4765
SLU35	5051	5490	5270	4642	5080	4861
SLU36	4570	4801	4685	4690	4921	4805
SLU37	4275	6026	5151	3787	5538	4662
SLU38	3794	5337	4566	3835	5378	4607
SLU39	4720	5499	5110	4314	5092	4703
SLU40	4239	4810	4525	4362	4932	4647
SLV1	3543	3785	3664	2715	2957	2836
SLV2	3343	3498	3420	2735	2891	2813
SLV3	3281	3720	3500	2780	3218	2999
SLV4	3081	3433	3257	2800	3152	2976
SLV5	3366	3604	3485	2949	3187	3068

<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>	3165	3317	3241	2969	3121	3045
<b>SLc1</b>	3378	4368	3873	3079	4068	3574
<b>SLc2</b>	3138	4023	3580	3103	3989	3546
<b>SLc3</b>	3675	4016	3846	3430	3771	3601
<b>SLc4</b>	3434	3672	3553	3454	3691	3573
<b>SLc5</b>	3207	2871	3039	2925	2589	2757
<b>SLc6</b>	2966	2527	2747	2949	2509	2729
<b>SLc7</b>	3504	2520	3012	3276	2292	2784
<b>SLc8</b>	3263	2175	2719	3300	2212	2756
<b>SLf1</b>	3477	4250	3864	3196	3969	3583
<b>SLf2</b>	3237	3906	3571	3220	3889	3555
<b>SLf3</b>	3576	4133	3855	3313	3870	3592
<b>SLf4</b>	3336	3789	3562	3337	3790	3564
<b>SLf5</b>	3306	2754	3030	3042	2490	2766
<b>SLf6</b>	3065	2410	2738	3066	2410	2738
<b>SLf7</b>	3405	2637	3021	3159	2391	2775
<b>SLf8</b>	3164	2293	2728	3183	2311	2747
<b>SLqp1</b>	3298	3419	3359	3058	3178	3118
<b>SLqp2</b>	3098	3132	3115	3078	3111	3095

<b>PILA 01 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU1</b>	71	62	94
<b>SLU2</b>	14	59	61
<b>SLU3</b>	56	-57	80
<b>SLU4</b>	-1	-60	60
<b>SLU5</b>	70	63	94
<b>SLU6</b>	13	59	61
<b>SLU7</b>	56	-56	79
<b>SLU8</b>	-1	-60	60
<b>SLU9</b>	99	63	117
<b>SLU10</b>	42	59	72
<b>SLU11</b>	84	-56	101
<b>SLU12</b>	27	-60	65
<b>SLU13</b>	98	63	117
<b>SLU14</b>	41	60	72
<b>SLU15</b>	84	-56	101
<b>SLU16</b>	26	-59	65
<b>SLU17</b>	70	64	95
<b>SLU18</b>	13	60	62
<b>SLU19</b>	56	-55	78
<b>SLU20</b>	-1	-59	59
<b>SLU21</b>	70	64	95
<b>SLU22</b>	13	60	62
<b>SLU23</b>	55	-55	78
<b>SLU24</b>	-2	-59	59

<b>PILA 01 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU25</b>	75	102	127
<b>SLU26</b>	18	99	100
<b>SLU27</b>	51	-96	109
<b>SLU28</b>	-7	-100	100
<b>SLU29</b>	75	102	127
<b>SLU30</b>	17	99	100
<b>SLU31</b>	50	-96	108
<b>SLU32</b>	-7	-100	100
<b>SLU33</b>	89	64	109
<b>SLU34</b>	-6	58	58
<b>SLU35</b>	74	-55	93
<b>SLU36</b>	-21	-61	65
<b>SLU37</b>	89	64	109
<b>SLU38</b>	-6	58	58
<b>SLU39</b>	74	-55	92
<b>SLU40</b>	-21	-61	65
<b>SLV1</b>	167	20	168
<b>SLV2</b>	127	17	128
<b>SLV3</b>	81	59	100
<b>SLV4</b>	41	56	70
<b>SLV5</b>	81	19	83
<b>SLV6</b>	41	17	44
<b>SLc1</b>	54	42	69
<b>SLc2</b>	7	39	40
<b>SLc3</b>	45	-37	58
<b>SLc4</b>	-3	-40	40
<b>SLc5</b>	51	42	66
<b>SLc6</b>	4	39	39
<b>SLc7</b>	42	-38	56
<b>SLc8</b>	-6	-40	41
<b>SLf1</b>	51	16	53
<b>SLf2</b>	4	13	13
<b>SLf3</b>	48	-11	49
<b>SLf4</b>	0	-14	14
<b>SLf5</b>	48	15	50
<b>SLf6</b>	1	12	12
<b>SLf7</b>	45	-11	46
<b>SLf8</b>	-3	-14	14
<b>SLqp1</b>	44	2	44
<b>SLqp2</b>	4	0	4

<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	4713	6617	5665	4352	6256	5304
SLU2	4619	6377	5498	4514	6272	5393
SLU3	5363	5902	5633	5067	5606	5336
SLU4	5269	5662	5465	5228	5622	5425
SLU5	4227	6633	5430	3864	6271	5068
SLU6	4132	6393	5262	4026	6287	5157
SLU7	4876	5919	5397	4579	5621	5100
SLU8	4782	5678	5230	4740	5637	5189
SLU9	4717	6365	5541	4145	5792	4969
SLU10	4622	6124	5373	4307	5808	5057
SLU11	5367	5650	5508	4859	5142	5001
SLU12	5272	5409	5341	5021	5158	5090
SLU13	4352	6377	5364	3779	5804	4791
SLU14	4257	6136	5197	3941	5820	4880
SLU15	5002	5662	5332	4493	5154	4823
SLU16	4907	5422	5164	4655	5169	4912
SLU17	4606	6261	5433	4248	5903	5076
SLU18	4511	6021	5266	4410	5919	5164
SLU19	5256	5546	5401	4962	5253	5108
SLU20	5161	5306	5233	5124	5269	5197
SLU21	4241	6273	5257	3882	5914	4898
SLU22	4146	6033	5089	4044	5930	4987
SLU23	4890	5558	5224	4596	5264	4930
SLU24	4796	5318	5057	4758	5280	5019
SLU25	4394	6493	5444	4016	6115	5065
SLU26	4300	6253	5276	4178	6131	5154
SLU27	5477	5302	5390	5207	5031	5119
SLU28	5383	5061	5222	5369	5047	5208
SLU29	4029	6505	5267	3650	6126	4888
SLU30	3935	6265	5100	3812	6142	4977
SLU31	5112	5314	5213	4841	5042	4941
SLU32	5018	5074	5046	5003	5058	5030
SLU33	4642	6335	5489	4200	5893	5046
SLU34	4485	5934	5210	4470	5919	5195
SLU35	5292	5620	5456	4915	5242	5078
SLU36	5135	5219	5177	5184	5269	5227
SLU37	4277	6347	5312	3834	5904	4869
SLU38	4120	5946	5033	4104	5930	5017
SLU39	4927	5632	5280	4549	5254	4901
SLU40	4770	5232	5001	4818	5280	5049
SLV1	3820	4117	3968	2671	2968	2819
SLV2	3754	3950	3852	2783	2979	2881
SLV3	3412	3978	3695	2809	3375	3092
SLV4	3346	3811	3579	2922	3387	3154
SLV5	3526	3817	3671	3025	3316	3171
SLV6	3460	3650	3555	3137	3327	3232
SLc1	3442	4621	4032	3170	4349	3760

<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>	3364	4421	3892	3305	4363	3834
<b>SLc3</b>	3876	4145	4010	3647	3916	3781
<b>SLc4</b>	3797	3945	3871	3782	3929	3855
<b>SLc5</b>	3258	3002	3130	3006	2750	2878
<b>SLc6</b>	3179	2801	2990	3141	2763	2952
<b>SLc7</b>	3691	2525	3108	3482	2316	2899
<b>SLc8</b>	3612	2325	2969	3617	2330	2973
<b>SLf1</b>	3587	4463	4025	3329	4205	3767
<b>SLf2</b>	3508	4262	3885	3464	4218	3841
<b>SLf3</b>	3731	4304	4017	3488	4060	3774
<b>SLf4</b>	3653	4103	3878	3623	4074	3848
<b>SLf5</b>	3402	2843	3123	3165	2605	2885
<b>SLf6</b>	3324	2643	2983	3299	2618	2959
<b>SLf7</b>	3547	2684	3115	3323	2461	2892
<b>SLf8</b>	3468	2484	2976	3458	2474	2966
<b>SLqp1</b>	3425	3561	3493	3202	3338	3270
<b>SLqp2</b>	3359	3394	3377	3314	3349	3332

<b>PILA 02 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU1</b>	48	76	89
<b>SLU2</b>	14	69	71
<b>SLU3</b>	39	-66	77
<b>SLU4</b>	6	-72	72
<b>SLU5</b>	48	76	89
<b>SLU6</b>	15	69	71
<b>SLU7</b>	39	-66	77
<b>SLU8</b>	6	-72	72
<b>SLU9</b>	75	76	107
<b>SLU10</b>	42	70	81
<b>SLU11</b>	67	-65	93
<b>SLU12</b>	33	-71	79
<b>SLU13</b>	75	76	107
<b>SLU14</b>	42	70	81
<b>SLU15</b>	67	-65	93
<b>SLU16</b>	34	-71	79
<b>SLU17</b>	47	77	90
<b>SLU18</b>	14	71	72
<b>SLU19</b>	39	-64	75
<b>SLU20</b>	6	-70	71
<b>SLU21</b>	47	77	90
<b>SLU22</b>	14	71	72
<b>SLU23</b>	39	-64	75
<b>SLU24</b>	6	-70	71
<b>SLU25</b>	50	123	132
<b>SLU26</b>	17	116	118

<b>PILA 02 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU27</b>	36	-113	118
<b>SLU28</b>	3	-119	119
<b>SLU29</b>	50	123	132
<b>SLU30</b>	17	116	118
<b>SLU31</b>	36	-113	118
<b>SLU32</b>	3	-119	119
<b>SLU33</b>	58	78	97
<b>SLU34</b>	3	67	67
<b>SLU35</b>	50	-64	81
<b>SLU36</b>	-6	-74	74
<b>SLU37</b>	58	78	97
<b>SLU38</b>	3	67	67
<b>SLU39</b>	50	-64	81
<b>SLU40</b>	-6	-74	74
<b>SLV1</b>	179	23	181
<b>SLV2</b>	156	19	157
<b>SLV3</b>	75	67	100
<b>SLV4</b>	51	63	81
<b>SLV5</b>	74	23	78
<b>SLV6</b>	51	18	55
<b>SLc1</b>	36	51	62
<b>SLc2</b>	8	46	47
<b>SLc3</b>	30	-43	53
<b>SLc4</b>	2	-48	48
<b>SLc5</b>	33	51	61
<b>SLc6</b>	6	46	46
<b>SLc7</b>	28	-43	51
<b>SLc8</b>	0	-48	48
<b>SLf1</b>	34	20	39
<b>SLf2</b>	6	15	16
<b>SLf3</b>	32	-12	34
<b>SLf4</b>	4	-17	17
<b>SLf5</b>	31	20	37
<b>SLf6</b>	4	15	15
<b>SLf7</b>	30	-12	32
<b>SLf8</b>	2	-17	17
<b>SLqp1</b>	29	4	30
<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	4587	6423	5505	4304	6140	5222
SLU2	4617	6309	5463	4406	6098	5252
SLU3	5196	5799	5498	4927	5531	5229
SLU4	5226	5686	5456	5029	5488	5259
SLU5	4075	6438	5256	3804	6167	4986
SLU6	4106	6324	5215	3906	6124	5015
SLU7	4685	5814	5249	4428	5557	4992
SLU8	4715	5700	5208	4529	5515	5022
SLU9	4574	6147	5361	4114	5687	4900
SLU10	4604	6034	5319	4215	5645	4930
SLU11	5183	5524	5354	4737	5077	4907
SLU12	5213	5410	5312	4838	5035	4937
SLU13	4190	6158	5174	3739	5707	4723
SLU14	4221	6045	5133	3840	5664	4752
SLU15	4800	5535	5167	4362	5097	4729
SLU16	4830	5421	5126	4463	5055	4759
SLU17	4475	6058	5266	4203	5785	4994
SLU18	4505	5944	5225	4304	5743	5023
SLU19	5084	5434	5259	4826	5176	5001
SLU20	5114	5321	5218	4927	5133	5030
SLU21	4092	6069	5080	3828	5805	4816
SLU22	4122	5955	5038	3929	5762	4846
SLU23	4701	5445	5073	4451	5195	4823
SLU24	4731	5332	5031	4552	5153	4853
SLU25	4277	6260	5269	4000	5984	4992
SLU26	4307	6147	5227	4101	5941	5021
SLU27	5292	5221	5257	5039	4968	5003
SLU28	5323	5108	5215	5140	4925	5033
SLU29	3893	6271	5082	3625	6003	4814
SLU30	3924	6158	5041	3727	5961	4844
SLU31	4909	5232	5071	4664	4987	4826
SLU32	4939	5119	5029	4765	4945	4855
SLU33	4470	6090	5280	4174	5794	4984
SLU34	4520	5901	5211	4343	5724	5033
SLU35	5079	5467	5273	4797	5185	4991
SLU36	5129	5277	5203	4966	5114	5040
SLU37	4086	6101	5094	3799	5814	4807
SLU38	4137	5912	5024	3968	5743	4856
SLU39	4696	5478	5087	4422	5205	4813
SLU40	4746	5288	5017	4591	5134	4863
SLV1	3611	3868	3739	2720	2977	2849
SLV2	3632	3789	3710	2791	2948	2869
SLV3	3287	3773	3530	2814	3299	3056
SLV4	3308	3694	3501	2884	3270	3077
SLV5	3385	3641	3513	3000	3256	3128
SLV6	3406	3562	3484	3071	3227	3149
SLc1	3335	4466	3901	3135	4266	3701
SLc2	3360	4371	3866	3220	4231	3725



<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>	3741	4050	3896	3551	3860	3705
<b>SLc4</b>	3767	3956	3861	3635	3824	3730
<b>SLc5</b>	3145	2812	2979	2984	2651	2817
<b>SLc6</b>	3170	2717	2944	3069	2616	2842
<b>SLc7</b>	3551	2396	2974	3400	2245	2822
<b>SLc8</b>	3577	2302	2939	3484	2209	2847
<b>SLf1</b>	3471	4328	3899	3274	4131	3702
<b>SLf2</b>	3496	4233	3864	3358	4095	3727
<b>SLf3</b>	3606	4189	3898	3412	3995	3704
<b>SLf4</b>	3631	4094	3863	3497	3960	3728
<b>SLf5</b>	3281	2674	2977	3123	2515	2819
<b>SLf6</b>	3306	2579	2942	3207	2480	2844
<b>SLf7</b>	3416	2535	2975	3261	2380	2821
<b>SLf8</b>	3441	2440	2941	3346	2345	2845
<b>SLqp1</b>	3303	3427	3365	3136	3260	3198
<b>SLqp2</b>	3324	3348	3336	3206	3230	3218

<b>PILA 03 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU1</b>	43	75	86
<b>SLU2</b>	33	67	75
<b>SLU3</b>	41	-63	75
<b>SLU4</b>	31	-70	76
<b>SLU5</b>	42	75	85
<b>SLU6</b>	31	67	74
<b>SLU7</b>	40	-63	74
<b>SLU8</b>	29	-70	76
<b>SLU9</b>	70	75	103
<b>SLU10</b>	60	68	90
<b>SLU11</b>	68	-63	93
<b>SLU12</b>	57	-70	91
<b>SLU13</b>	69	75	102
<b>SLU14</b>	58	67	89
<b>SLU15</b>	67	-63	92
<b>SLU16</b>	56	-70	90
<b>SLU17</b>	42	76	87
<b>SLU18</b>	31	69	76
<b>SLU19</b>	40	-61	73
<b>SLU20</b>	29	-69	75
<b>SLU21</b>	41	76	86
<b>SLU22</b>	30	69	75
<b>SLU23</b>	39	-62	73
<b>SLU24</b>	28	-69	74
<b>SLU25</b>	43	120	128
<b>SLU26</b>	32	113	118
<b>SLU27</b>	39	-109	116

<b>PILA 03 – SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU28</b>	28	-116	119
<b>SLU29</b>	41	120	127
<b>SLU30</b>	31	113	117
<b>SLU31</b>	38	-109	115
<b>SLU32</b>	27	-116	119
<b>SLU33</b>	46	77	89
<b>SLU34</b>	28	65	71
<b>SLU35</b>	43	-61	75
<b>SLU36</b>	26	-73	77
<b>SLU37</b>	44	77	89
<b>SLU38</b>	26	65	70
<b>SLU39</b>	42	-61	74
<b>SLU40</b>	24	-73	77
<b>SLV1</b>	156	22	157
<b>SLV2</b>	148	17	149
<b>SLV3</b>	65	62	90
<b>SLV4</b>	58	57	81
<b>SLV5</b>	65	22	68
<b>SLV6</b>	57	17	60
<b>SLc1</b>	31	51	59
<b>SLc2</b>	22	45	50
<b>SLc3</b>	29	-41	51
<b>SLc4</b>	20	-47	51
<b>SLc5</b>	25	50	56
<b>SLc6</b>	16	44	47
<b>SLc7</b>	24	-41	48
<b>SLc8</b>	15	-47	50
<b>SLf1</b>	30	20	36
<b>SLf2</b>	21	14	26
<b>SLf3</b>	30	-11	32
<b>SLf4</b>	21	-16	27
<b>SLf5</b>	24	20	31
<b>SLf6</b>	15	14	21
<b>SLf7</b>	24	-11	26
<b>SLf8</b>	15	-17	23
<b>SLqp1</b>	26	4	26
<b>SLqp2</b>	18	-1	18

<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	4728	6723	5726	4483	6478	5481
SLU2	4745	6582	5664	4610	6447	5528
SLU3	5494	5923	5708	5283	5712	5498
SLU4	5511	5782	5647	5410	5681	5546
SLU5	4222	6744	5483	3977	6500	5239
SLU6	4240	6603	5421	4105	6468	5287
SLU7	4988	5944	5466	4778	5734	5256
SLU8	5005	5803	5404	4905	5703	5304
SLU9	4757	6492	5625	4247	5983	5115
SLU10	4775	6351	5563	4375	5951	5163
SLU11	5523	5692	5607	5048	5217	5132
SLU12	5540	5551	5546	5175	5185	5180
SLU13	4378	6508	5443	3868	5999	4934
SLU14	4395	6367	5381	3996	5967	4981
SLU15	5143	5708	5426	4668	5233	4951
SLU16	5161	5567	5364	4796	5202	4999
SLU17	4618	6365	5491	4374	6121	5248
SLU18	4635	6224	5430	4501	6090	5296
SLU19	5384	5565	5474	5174	5356	5265
SLU20	5401	5424	5413	5301	5324	5313
SLU21	4238	6381	5310	3995	6138	5066
SLU22	4256	6240	5248	4122	6106	5114
SLU23	5004	5581	5292	4795	5372	5083
SLU24	5022	5440	5231	4922	5340	5131
SLU25	4369	6625	5497	4114	6370	5242
SLU26	4387	6484	5435	4242	6339	5290
SLU27	5645	5291	5468	5448	5094	5271
SLU28	5663	5150	5407	5575	5062	5319
SLU29	3990	6641	5315	3735	6386	5061
SLU30	4007	6499	5253	3863	6355	5109
SLU31	5266	5307	5286	5069	5110	5089
SLU32	5283	5166	5225	5196	5079	5137
SLU33	4618	6405	5512	4339	6125	5232
SLU34	4648	6170	5409	4551	6073	5312
SLU35	5384	5605	5495	5139	5360	5249
SLU36	5414	5370	5392	5351	5307	5329
SLU37	4239	6421	5330	3960	6142	5051
SLU38	4268	6186	5227	4172	6089	5130
SLU39	5005	5621	5313	4760	5376	5068
SLU40	5034	5386	5210	4972	5323	5148
SLV1	4027	4378	4202	2567	2918	2742
SLV2	4039	4280	4159	2655	2896	2776
SLV3	3437	4180	3808	2764	3507	3135
SLV4	3449	4082	3766	2852	3485	3169
SLV5	3604	3947	3775	3057	3400	3229
SLV6	3616	3849	3732	3146	3378	3262
SLc1	3448	4686	4067	3270	4509	3890
SLc2	3462	4568	4015	3376	4482	3929

<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>	3958	4152	4055	3804	3998	3901
<b>SLc4</b>	3973	4035	4004	3910	3972	3941
<b>SLc5</b>	3268	3051	3159	3099	2881	2990
<b>SLc6</b>	3283	2933	3108	3205	2855	3030
<b>SLc7</b>	3779	2517	3148	3633	2371	3002
<b>SLc8</b>	3793	2400	3097	3739	2345	3042
<b>SLf1</b>	3618	4508	4063	3448	4338	3893
<b>SLf2</b>	3632	4390	4011	3554	4312	3933
<b>SLf3</b>	3788	4330	4059	3626	4168	3897
<b>SLf4</b>	3803	4213	4008	3732	4142	3937
<b>SLf5</b>	3438	2873	3156	3277	2711	2994
<b>SLf6</b>	3453	2755	3104	3383	2685	3034
<b>SLf7</b>	3609	2695	3152	3455	2541	2998
<b>SLf8</b>	3623	2577	3100	3561	2515	3038
<b>SLqp1</b>	3474	3598	3536	3320	3444	3382
<b>SLqp2</b>	3486	3500	3493	3408	3422	3415

<b>PILA 04 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU1</b>	26	76	81
<b>SLU2</b>	14	69	71
<b>SLU3</b>	22	-65	68
<b>SLU4</b>	11	-72	73
<b>SLU5</b>	25	76	81
<b>SLU6</b>	14	69	71
<b>SLU7</b>	22	-65	68
<b>SLU8</b>	11	-72	73
<b>SLU9</b>	52	76	93
<b>SLU10</b>	41	69	81
<b>SLU11</b>	49	-65	81
<b>SLU12</b>	38	-72	81
<b>SLU13</b>	52	77	93
<b>SLU14</b>	41	69	81
<b>SLU15</b>	49	-65	81
<b>SLU16</b>	38	-72	81
<b>SLU17</b>	25	78	82
<b>SLU18</b>	14	71	72
<b>SLU19</b>	22	-63	67
<b>SLU20</b>	11	-71	71
<b>SLU21</b>	25	78	82
<b>SLU22</b>	14	71	72
<b>SLU23</b>	22	-63	67
<b>SLU24</b>	11	-70	71
<b>SLU25</b>	27	123	126

<b>PILA 04 – SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU26</b>	15	116	117
<b>SLU27</b>	21	-112	114
<b>SLU28</b>	10	-119	119
<b>SLU29</b>	26	123	126
<b>SLU30</b>	15	116	117
<b>SLU31</b>	21	-112	114
<b>SLU32</b>	9	-119	119
<b>SLU33</b>	29	79	84
<b>SLU34</b>	10	67	67
<b>SLU35</b>	26	-62	67
<b>SLU36</b>	7	-74	75
<b>SLU37</b>	29	79	84
<b>SLU38</b>	10	67	68
<b>SLU39</b>	26	-62	67
<b>SLU40</b>	7	-74	75
<b>SLV1</b>	185	29	187
<b>SLV2</b>	177	24	178
<b>SLV3</b>	68	83	107
<b>SLV4</b>	60	78	99
<b>SLV5</b>	67	28	72
<b>SLV6</b>	59	23	63
<b>SLc1</b>	18	52	55
<b>SLc2</b>	9	46	47
<b>SLc3</b>	16	-42	45
<b>SLc4</b>	7	-48	49
<b>SLc5</b>	18	52	54
<b>SLc6</b>	8	45	46
<b>SLc7</b>	15	-43	45
<b>SLc8</b>	6	-49	49
<b>SLf1</b>	18	20	27
<b>SLf2</b>	8	14	17
<b>SLf3</b>	17	-11	20
<b>SLf4</b>	8	-17	19
<b>SLf5</b>	17	20	26
<b>SLf6</b>	8	14	16
<b>SLf7</b>	16	-11	20
<b>SLf8</b>	7	-17	19
<b>SLqp1</b>	16	4	17
<b>SLqp2</b>	8	-1	8

<b>PILA 05 –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	4922	7004	5963	4473	6555	5514
SLU2	4784	6710	5747	4687	6614	5650
SLU3	5732	6090	5911	5386	5744	5565
SLU4	5593	5797	5695	5600	5803	5702
SLU5	4436	7015	5726	3989	6567	5278
SLU6	4298	6722	5510	4203	6627	5415
SLU7	5246	6102	5674	4901	5757	5329
SLU8	5108	5808	5458	5115	5816	5466
SLU9	4963	6789	5876	4226	6052	5139
SLU10	4824	6496	5660	4440	6111	5275
SLU11	5772	5876	5824	5138	5242	5190
SLU12	5634	5583	5608	5352	5301	5327
SLU13	4598	6798	5698	3862	6062	4962
SLU14	4460	6505	5483	4076	6121	5099
SLU15	5408	5885	5646	4775	5252	5013
SLU16	5270	5591	5431	4989	5311	5150
SLU17	4814	6651	5733	4364	6201	5282
SLU18	4676	6357	5517	4578	6260	5419
SLU19	5624	5737	5681	5277	5390	5334
SLU20	5486	5444	5465	5491	5449	5470
SLU21	4450	6659	5555	4001	6210	5106
SLU22	4312	6366	5339	4215	6269	5242
SLU23	5260	5746	5503	4914	5400	5157
SLU24	5121	5453	5287	5128	5459	5293
SLU25	4551	6947	5749	4068	6464	5266
SLU26	4413	6653	5533	4282	6523	5403
SLU27	5901	5424	5663	5590	5113	5351
SLU28	5762	5131	5447	5804	5172	5488
SLU29	4187	6956	5571	3705	6473	5089
SLU30	4049	6662	5355	3919	6533	5226
SLU31	5536	5433	5485	5226	5123	5175
SLU32	5398	5140	5269	5440	5182	5311
SLU33	4867	6740	5804	4301	6174	5238
SLU34	4637	6251	5444	4658	6273	5465
SLU35	5677	5827	5752	5214	5364	5289
SLU36	5446	5338	5392	5571	5462	5517
SLU37	4503	6749	5626	3938	6184	5061
SLU38	4272	6260	5266	4295	6282	5288
SLU39	5313	5835	5574	4851	5373	5112
SLU40	5082	5346	5214	5207	5472	5340
SLV1	4257	4670	4464	2493	2906	2699
SLV2	4161	4467	4314	2641	2947	2794
SLV3	3587	4452	4019	2710	3575	3142
SLV4	3491	4248	3869	2858	3616	3237
SLV5	3780	4172	3976	3051	3443	3247
SLV6	3684	3968	3826	3200	3484	3342
SLc1	3606	4903	4254	3264	4561	3912
SLc2	3490	4658	4074	3442	4610	4026

<b>PILA 05 –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>	4146	4294	4220	3872	4021	3947
<b>SLc4</b>	4030	4049	4040	4051	4070	4060
<b>SLc5</b>	3427	3291	3359	3087	2950	3018
<b>SLc6</b>	3312	3046	3179	3265	2999	3132
<b>SLc7</b>	3967	2682	3324	3695	2410	3052
<b>SLc8</b>	3852	2437	3144	3873	2459	3166
<b>SLf1</b>	3786	4700	4243	3467	4381	3924
<b>SLf2</b>	3670	4455	4063	3645	4430	4038
<b>SLf3</b>	3966	4497	4231	3670	4201	3935
<b>SLf4</b>	3850	4252	4051	3848	4250	4049
<b>SLf5</b>	3607	3088	3347	3289	2770	3030
<b>SLf6</b>	3492	2843	3168	3468	2819	3143
<b>SLf7</b>	3787	2885	3336	3492	2590	3041
<b>SLf8</b>	3672	2640	3156	3671	2639	3155
<b>SLqp1</b>	3642	3775	3708	3360	3493	3426
<b>SLqp2</b>	3546	3571	3559	3508	3534	3521

<b>PILA 05 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU1</b>	42	78	88
<b>SLU2</b>	9	71	72
<b>SLU3</b>	32	-68	75
<b>SLU4</b>	0	-74	74
<b>SLU5</b>	42	78	88
<b>SLU6</b>	9	72	72
<b>SLU7</b>	32	-68	75
<b>SLU8</b>	0	-74	74
<b>SLU9</b>	68	78	104
<b>SLU10</b>	36	72	80
<b>SLU11</b>	59	-68	90
<b>SLU12</b>	26	-74	78
<b>SLU13</b>	68	78	104
<b>SLU14</b>	36	72	80
<b>SLU15</b>	59	-67	89
<b>SLU16</b>	26	-74	78
<b>SLU17</b>	42	79	90
<b>SLU18</b>	9	73	74
<b>SLU19</b>	32	-66	74
<b>SLU20</b>	0	-73	73
<b>SLU21</b>	42	79	90
<b>SLU22</b>	9	73	74
<b>SLU23</b>	32	-66	74
<b>SLU24</b>	0	-73	73
<b>SLU25</b>	45	126	134

<b>PILA 05 – SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU26</b>	13	120	121
<b>SLU27</b>	29	-117	120
<b>SLU28</b>	-3	-123	123
<b>SLU29</b>	45	126	134
<b>SLU30</b>	12	120	121
<b>SLU31</b>	29	-116	120
<b>SLU32</b>	-3	-123	123
<b>SLU33</b>	53	80	95
<b>SLU34</b>	-1	69	69
<b>SLU35</b>	43	-66	79
<b>SLU36</b>	-11	-76	77
<b>SLU37</b>	52	80	95
<b>SLU38</b>	-1	69	69
<b>SLU39</b>	43	-66	79
<b>SLU40</b>	-11	-76	77
<b>SLV1</b>	199	32	201
<b>SLV2</b>	176	28	179
<b>SLV3</b>	82	90	122
<b>SLV4</b>	59	86	104
<b>SLV5</b>	78	30	84
<b>SLV6</b>	56	25	61
<b>SLc1</b>	32	53	61
<b>SLc2</b>	5	47	48
<b>SLc3</b>	25	-45	51
<b>SLc4</b>	-2	-50	50
<b>SLc5</b>	32	52	61
<b>SLc6</b>	5	47	47
<b>SLc7</b>	25	-45	52
<b>SLc8</b>	-2	-50	50
<b>SLf1</b>	30	20	36
<b>SLf2</b>	3	15	15
<b>SLf3</b>	28	-12	30
<b>SLf4</b>	1	-17	17
<b>SLf5</b>	30	20	36
<b>SLf6</b>	3	15	15
<b>SLf7</b>	27	-12	30
<b>SLf8</b>	0	-18	18
<b>SLqp1</b>	26	3	26
<b>SLqp2</b>	4	-1	4



<b>PILA 06 – 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	4871	6600	5736	4346	6075	5210
SLU2	4484	6116	5300	4446	6078	5262
SLU3	5446	5890	5668	5055	5499	5277
SLU4	5059	5407	5233	5155	5503	5329
SLU5	4434	6611	5522	3909	6086	4997
SLU6	4046	6127	5087	4009	6089	5049
SLU7	5009	5901	5455	4618	5510	5064
SLU8	4622	5417	5019	4718	5514	5116
SLU9	4898	6388	5643	4132	5622	4877
SLU10	4511	5904	5207	4232	5625	4929
SLU11	5474	5678	5576	4841	5046	4944
SLU12	5086	5194	5140	4941	5050	4996
SLU13	4570	6396	5483	3804	5630	4717
SLU14	4183	5912	5047	3904	5633	4769
SLU15	5145	5686	5416	4514	5054	4784
SLU16	4758	5202	4980	4613	5058	4836
SLU17	4775	6272	5523	4248	5745	4996
SLU18	4388	5788	5088	4348	5748	5048
SLU19	5350	5562	5456	4957	5169	5063
SLU20	4963	5078	5021	5057	5173	5115
SLU21	4447	6280	5363	3920	5753	4836
SLU22	4059	5796	4928	4020	5756	4888
SLU23	5022	5570	5296	4629	5177	4903
SLU24	4635	5086	4861	4729	5181	4955
SLU25	4588	6502	5545	4018	5932	4975
SLU26	4200	6018	5109	4118	5936	5027
SLU27	5546	5319	5433	5200	4973	5087
SLU28	5159	4835	4997	5300	4976	5138
SLU29	4260	6510	5385	3690	5940	4815
SLU30	3872	6026	4949	3790	5944	4867
SLU31	5218	5327	5273	4872	4981	4927
SLU32	4831	4843	4837	4972	4985	4978
SLU33	4909	6426	5667	4221	5739	4980
SLU34	4263	5620	4942	4388	5745	5066
SLU35	5484	5717	5600	4930	5163	5047
SLU36	4838	4911	4874	5097	5170	5133
SLU37	4580	6434	5507	3893	5747	4820
SLU38	3935	5628	4782	4060	5753	4906
SLU39	5156	5725	5440	4603	5172	4887
SLU40	4510	4919	4714	4769	5178	4973
SLV1	4015	4318	4167	2561	2864	2713
SLV2	3746	3982	3864	2631	2867	2749
SLV3	3538	4160	3849	2720	3341	3030
SLV4	3269	3824	3546	2789	3344	3066
SLV5	3663	3943	3803	2994	3273	3133
SLV6	3394	3607	3501	3063	3275	3169
SLc1	3588	4650	4119	3179	4240	3710

<b>PILA 06 –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>	3266	4247	3756	3262	4243	3753
<b>SLc3</b>	3972	4177	4074	3652	3857	3754
<b>SLc4</b>	3649	3774	3711	3735	3860	3797
<b>SLc5</b>	3423	3156	3290	3014	2747	2881
<b>SLc6</b>	3101	2753	2927	3098	2750	2924
<b>SLc7</b>	3807	2683	3245	3487	2364	2925
<b>SLc8</b>	3484	2280	2882	3570	2367	2969
<b>SLf1</b>	3716	4492	4104	3337	4112	3725
<b>SLf2</b>	3393	4089	3741	3420	4115	3768
<b>SLf3</b>	3844	4334	4089	3494	3984	3739
<b>SLf4</b>	3521	3931	3726	3578	3988	3783
<b>SLf5</b>	3551	2999	3275	3172	2619	2896
<b>SLf6</b>	3228	2596	2912	3255	2622	2939
<b>SLf7</b>	3679	2841	3260	3330	2491	2911
<b>SLf8</b>	3356	2438	2897	3413	2495	2954
<b>SLqp1</b>	3549	3636	3593	3219	3305	3262
<b>SLqp2</b>	3280	3300	3290	3288	3308	3298

<b>PILA 06 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU1</b>	61	64	88
<b>SLU2</b>	5	61	61
<b>SLU3</b>	45	-60	75
<b>SLU4</b>	-10	-62	63
<b>SLU5</b>	61	64	88
<b>SLU6</b>	5	61	62
<b>SLU7</b>	45	-60	75
<b>SLU8</b>	-10	-62	63
<b>SLU9</b>	88	65	109
<b>SLU10</b>	32	62	70
<b>SLU11</b>	73	-59	94
<b>SLU12</b>	17	-62	64
<b>SLU13</b>	88	65	109
<b>SLU14</b>	32	62	70
<b>SLU15</b>	73	-59	94
<b>SLU16</b>	17	-62	64
<b>SLU17</b>	61	65	89
<b>SLU18</b>	5	63	63
<b>SLU19</b>	45	-58	74
<b>SLU20</b>	-10	-61	62
<b>SLU21</b>	61	65	89
<b>SLU22</b>	5	63	63
<b>SLU23</b>	45	-58	74
<b>SLU24</b>	-10	-61	62

<b>PILA 06 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]</b>			
	<b>taglio Vx</b>	<b>taglio Vy</b>	<b>V</b>
<b>SLU25</b>	66	105	124
<b>SLU26</b>	10	103	103
<b>SLU27</b>	40	-101	109
<b>SLU28</b>	-15	-104	105
<b>SLU29</b>	66	105	124
<b>SLU30</b>	10	103	103
<b>SLU31</b>	40	-101	109
<b>SLU32</b>	-15	-104	105
<b>SLU33</b>	79	65	102
<b>SLU34</b>	-14	60	62
<b>SLU35</b>	64	-59	87
<b>SLU36</b>	-29	-63	70
<b>SLU37</b>	79	65	102
<b>SLU38</b>	-14	60	62
<b>SLU39</b>	64	-59	87
<b>SLU40</b>	-29	-63	70
<b>SLV1</b>	200	26	202
<b>SLV2</b>	162	24	164
<b>SLV3</b>	92	74	118
<b>SLV4</b>	53	72	90
<b>SLV5</b>	87	24	90
<b>SLV6</b>	49	22	53
<b>SLc1</b>	47	43	64
<b>SLc2</b>	1	41	41
<b>SLc3</b>	37	-39	54
<b>SLc4</b>	-9	-42	43
<b>SLc5</b>	47	43	64
<b>SLc6</b>	1	40	41
<b>SLc7</b>	37	-40	54
<b>SLc8</b>	-9	-42	43
<b>SLf1</b>	44	16	46
<b>SLf2</b>	-3	13	13
<b>SLf3</b>	40	-12	42
<b>SLf4</b>	-6	-14	16
<b>SLf5</b>	44	15	46
<b>SLf6</b>	-3	13	13
<b>SLf7</b>	40	-12	42
<b>SLf8</b>	-6	-15	16
<b>SLqp1</b>	38	2	38
<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 58 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

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

### STATICA

	Nmax	Nmin	Nmedio	Vmax
P01	6227	3621	5214	127
P02	6633	3650	5485	132
P03	6438	3625	5364	128
P04	6744	3735	5603	126
P05	7015	3705	5738	134
P06	6611	3690	5473	124
<b>max</b>	<b>7015</b>	<b>3735</b>	<b>5738</b>	<b>134</b>

### SISMICA

	Nmax	Nmin	Nmedio	Vmax
P01	3785	2715	3276	168
P02	4117	2671	3421	181
P03	3868	2720	3320	157
P04	4378	2567	3502	187
P05	4670	2493	3612	201
P06	4318	2561	3468	202
<b>max</b>	<b>4670</b>	<b>2720</b>	<b>3612</b>	<b>202</b>

### SLE - CARATTERISTICO

	Nmax	Nmin	Vmax
P01	4368	2175	69
P02	4621	2316	62
P03	4466	2209	59
P04	4686	2345	55
P05	4903	2410	61
P06	4650	2280	64
<b>max</b>	<b>4903</b>	<b>2175</b>	<b>69</b>

### SLE - FREQUENTE

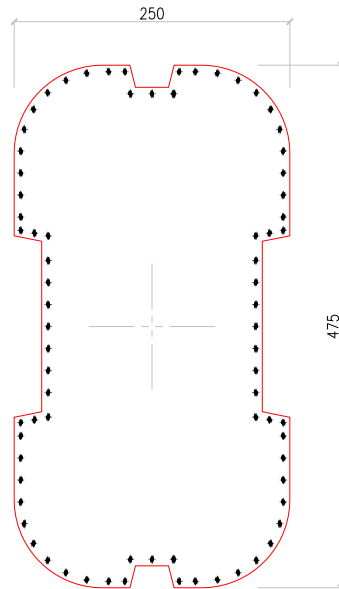
	Nmax	Nmin	Vmax
P01	4250	2293	53
P02	4463	2461	39
P03	4328	2345	36
P04	4508	2515	27
P05	4700	2590	36
P06	4492	2438	46
<b>max</b>	<b>4700</b>	<b>2293</b>	<b>53</b>

### SLE - QUASI PERMANENTE

	Nmax	Nmin	Vmax
P01	3419	3058	44
P02	3561	3202	30
P03	3427	3136	26
P04	3598	3320	17
P05	3775	3360	26
P06	3636	3219	38
<b>max</b>	<b>3775</b>	<b>3058</b>	<b>44</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 76 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.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 60 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

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

PILA	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	Verifica	check
P01	11453	3000	1959	43417	22820	0.15	ok
P02	12953	4012	2961	46299	24342	0.21	ok
P03	12489	3307	3142	45413	23873	0.20	ok
P04	13557	5515	4154	47445	24950	0.28	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	20230	17637	3659	59491	31390	0.41	ok
P02	13118	2326	10445	46613	24509	0.48	ok
P03	20945	20141	2455	60715	32051	0.41	ok
P04	21347	22007	2113	61399	32420	0.42	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	12255	1888	8091	44964	23636	0.38	ok
P02	13118	2326	10445	46613	24509	0.48	ok
P03	12519	1988	8345	45470	23904	0.39	ok
P04	13590	2731	12622	47508	24983	0.56	ok

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

Momento resistente  $M_{Rdx}$

Momento resistente  $M_{Rvd}$

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

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

TITOLO: \_\_\_\_\_

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 76 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-237.5	-125	1	3.141593	0	-95
2	-237.5	125	2	3.141593	20.36698	-95
3	237.5	125	3	3.141593	40.73397	-95
4	237.5	-125	4	3.141593	61.10096	-95
			5	3.141593	-81.46795	-95
			6	3.141593	-85.56795	114.84294

Tipo Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 11453 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione:  
 Retta  Deviata

M<sub>xRd</sub>: 22\*820 kN m

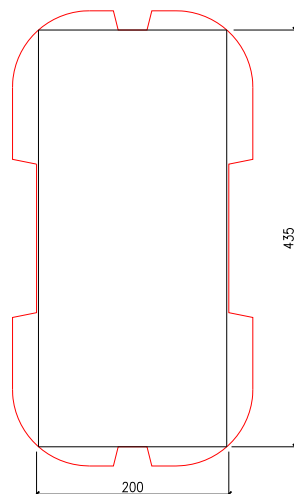
σ<sub>c</sub>: -15.87 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm²  
 ε<sub>s</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 29.64 ‰  
 d: 245 cm  
 x: 25.88 x/d: 0.1056  
 δ: 0.7

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

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

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 le 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.



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

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

sezione di verifica corrispondente a	taglio trasversale Nmin	taglio trasversale Fymax	taglio longitudinale Nmin	taglio longitudinale Fxmax		
<b>Sollecitazioni</b>						
V	= 339	758	248	1202	kN	taglio
N	= 11453	22201	11453	13394	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>						
B	= 2000	2000	4350	4350	mm	larghezza sezione
H	= 4350	4350	2000	2000	mm	altezza sezione
c	= 80	80	80	80	mm	copriferro
d	= 4270	4270	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
a <sub>cc</sub>	= 0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	= 16.5	16.5	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g <sub>s</sub>	= 1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	= 450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	= 391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>						
A <sub>sl</sub>	= 23876.0	23876.0	23876.0	23876.0	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
r <sub>l</sub>	= 0.00274	0.00274	0.00274	0.00274		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	= 1.2	1.2	1.3	1.3		
v <sub>min</sub>	= 0.3	0.3	0.3	0.3		
s <sub>cp</sub>	= 1.3	2.6	1.3	1.5	MPa	tensione media calcestruzzo
s <sub>cp,ad</sub>	= 1.3	2.6	1.3	1.5	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
V <sub>Rd</sub>	= 4176.6	5759.2	4297.5	4577.1	kN	taglio resistente
check	= OK	OK	OK	OK		

### 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									w1=0.20 mm	
	$\varnothing$ [mm]										
160	32	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
200	25	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16
240	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
280	12	12	12	12	12	12	12	12	12	8	8
320	10	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6
360	8	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-

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

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

**PILA P01**

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	combinazione		freq 7	freq 8	qp1	qp2		
					freq 5	freq 6						
N	15095	14133	15094	14133	10142	9181	10142	9181	12184	11383	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	6725	5833	5177	4285	-5194	-6086	-6742	-7634	1049	306	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	2664	165	2493	-6	2506	6	2334	-165	2282	200	kNm	momento flettente longitudinale
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK	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		
					freq 5	freq 6						
N	16130	15934	16130	15934	10777	10581	10777	10581	13044	12881	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	7585	6567	5327	4309	-5330	-6348	-7588	-8606	1172	323	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	2249	390	2124	265	2076	217	1951	92	1948	399	kNm	momento flettente longitudinale
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK	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		
					freq 5	freq 6						
N	15559	15528	15559	15528	10143	10113	10143	10112	12444	12419	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	7411	6421	5404	4414	-5760	-6750	-7767	-8757	1055	230	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	1783	1248	1755	1220	1433	899	1406	871	1521	1075	kNm	momento flettente longitudinale
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

**PILA P04**

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	combinazione		freq 7	freq 8	qp1	qp2		
					freq 5	freq 6						
N	16624	16589	16624	16589	11204	11170	11204	11170	13508	13479	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	7706	6606	5044	3945	-5393	-6492	-8054	-9154	1051	135	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	1409	653	1346	590	1343	587	1280	523	1280	650	kNm	momento flettente longitudinale
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

**PILA P05**

**Sollecitazioni agenti**

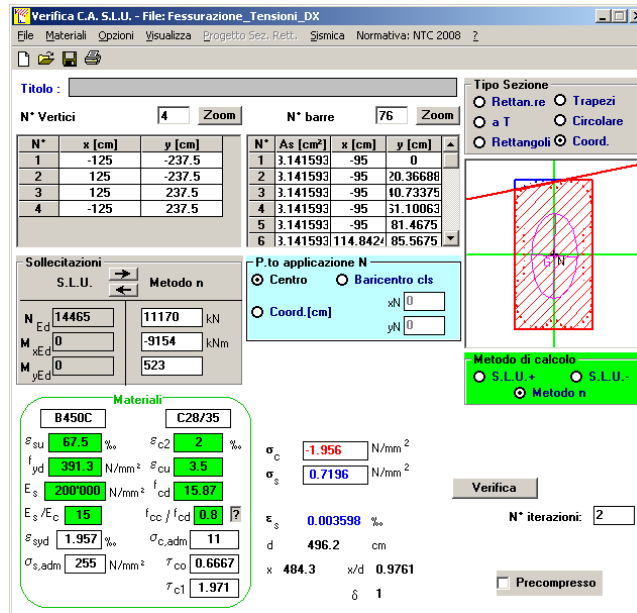
	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
N	= 17255	17057	17254	17056	11886	11688	11885	11687	14159	13994	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	= 7924	6840	4963	3879	-4975	-6059	-7935	-9019	1147	244	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	= 2598	211	2411	24	2589	202	2402	15	2298	309	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>	= -	<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>	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo

**PILA P06**

**Sollecitazioni agenti**

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
N	= 16241	15282	16241	15281	11267	10308	11267	10308	13319	12519	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	= 6748	6061	4590	3904	-5203	-5889	-7360	-8047	756	184	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	= 3218	-218	2966	-470	3216	-220	2964	-472	2804	-59	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>	= -	<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>	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo

Si riporta, a titolo esemplificativo, l'output di VCASLU per la pila P04 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.

**Materiali**

R <sub>ck</sub>	=	<b>35</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	<b>28</b>	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>yk</sub>	=	<b>450.0</b>	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

**PILA P01**

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2			
					rara5	rara6							
<b>Sollecitazioni agenti</b>													
N	=	15095	14134	15094	14132	10143	9182	10141	9180	12184	11383	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	=	8273	7381	3629	2737	-3646	-4538	-8290	-9182	1049	306	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	=	2835	336	2322	-178	2677	178	2163	-336	2282	200	kNm	momento flettente longitudinale
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>													
σ <sub>c,max</sub>	=	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	12.60	12.60	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	<b>2.63</b>	-	-	-	-	-	-	<b>1.79</b>	<b>1.54</b>	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		<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>		
<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>	=	-	-	-	-	-	-	-	<b>4</b>			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		<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 P02

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2			
					rara5	rara6							
<b>Sollecitazioni agenti</b>													
N	=	16130	15934	16130	15933	10778	10581	10777	10581	13044	12881	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	=	9844	8826	3069	2051	-3072	-4089	-9846	-10864	1172	323	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	=	2374	515	1999	141	2201	342	1826	-32	1948	399	kNm	momento flettente longitudinale
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>													
σ <sub>c,max</sub>	=	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	12.60	12.60	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	<b>2.78</b>	-	-	-	-	-	-	<b>2.02</b>	<b>1.56</b>	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		<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>		
<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>	=	-	-	-	-	-	-	-	<b>5</b>			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		<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 P03

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2			
					rara5	rara6							
<b>Sollecitazioni agenti</b>													
N	=	15559	15528	15559	15528	10143	10113	10143	10112	12444	12419	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	=	9418	8428	3397	2407	-3753	-4743	-9774	-10764	1055	230	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	=	1811	1276	1727	1192	1461	927	1378	843	1521	1075	kNm	momento flettente longitudinale
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>													
σ <sub>c,max</sub>	=	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	12.60	12.60	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	<b>2.58</b>	-	-	-	-	-	-	<b>2.18</b>	<b>1.42</b>	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		<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>		
<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>	=	-	-	-	-	-	-	-	<b>7</b>			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		<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

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2			
					rara5	rara6							
<b>Sollecitazioni agenti</b>													
N	=	16624	16589	16624	16589	11204	11170	11204	11170	13508	13479	kN	sforzo assiale
M <sub>x</sub>	=	10367	9268	2383	1284	-2731	-3831	-10715	-11815	1051	135	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	=	1472	716	1283	1284	1406	650	1217	460	1280	650	kNm	momento flettente longitudinale
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>													
σ <sub>c,max</sub>	=	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	12.60	12.60	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	<b>2.71</b>	-	-	-	-	-	-	<b>2.28</b>	<b>1.46</b>	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		<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>		
<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>	=	-	-	-	-	-	-	-	<b>6</b>			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		<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 P05

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2			
					rara5	rara6							
<b>Sollecitazioni agenti</b>													
N	=	17255	17057	17254	17056	11886	11688	11885	11687	14159	13994	kN	sfuerzo assiale
M <sub>x</sub>	=	10884	9800	2003	919	-2014	-3098	-10896	-11980	1147	244	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	=	2784	397	2225	-162	2775	388	2216	-171	2298	309	kNm	momento flettente longitudinale
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>													
σ <sub>c,max</sub>	=	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	12.60	12.60	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	<b>3.07</b>	-	-	-	-	-	-	<b>2.26</b>	<b>1.31</b>	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		<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>		
<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>	=	<b>0</b>	-	-	-	-	-	-	<b>5</b>			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		<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 P06

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2			
					rara5	rara6							
<b>Sollecitazioni agenti</b>													
N	=	16241	15282	16241	15281	11267	10308	11267	10307	13319	12519	kN	sfuerzo assiale
M <sub>x</sub>	=	8905	8219	2433	1747	-3046	-3732	-9518	-10204	756	184	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	=	3470	34	2714	-722	3468	33	2712	-724	2804	-59	kNm	momento flettente longitudinale
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>													
σ <sub>c,max</sub>	=	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80	12.60	12.60	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	<b>2.92</b>	-	-	-	-	-	-	<b>2.08</b>	<b>1.71</b>	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		<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>		
<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>	=	<b>0</b>	-	-	-	-	-	-	<b>5</b>			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>				

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 67 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

## 5 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

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

### 5.1 METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

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

#### 5.1.1 Valutazione della snellezza

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

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

dove:

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

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

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

$\varphi_{ef}$  è il coefficiente efficace di viscosità; vedere punto 5.8.4;

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

$A_s$  è l'area totale dell'armatura longitudinale;

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

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

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

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

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

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

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

$$\lambda = l_0 / i$$

dove:

$l_0$  è la lunghezza libera d'inflessione

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 68 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

### 5.1.2 Viscosità

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

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

dove:

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

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

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

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

### 5.1.3 Momenti flettenti

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 69 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

#### 5.1.4 Curvatura

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

5.8.8.3

Curvatura

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

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

dove:

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

$K_\varphi$  è un coefficiente per tener conto della viscosità, vedere punto 5.8.8.3 (4);

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

$n_u = 1 + \omega$ ;

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

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

$A_s$  è l'area totale delle armature;

$A_c$  è l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

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

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

dove:

$\varphi_{ef}$  è il coefficiente efficace di viscosità, vedere punto 5.8.4;

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

$l$  è la snellezza, vedere punto 5.8.3.1.

#### 5.1.5 Flessione deviata

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 70 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

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

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

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

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

dove:

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

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

$\lambda_y, \lambda_z$  sono le snellezze  $l_0 / i$  rispettivamente secondo gli assi  $y$  e  $z$ ;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

$a$  è l'esponente;

per sezioni circolari ed ellittiche:  $a = 2$

per sezioni rettangolari:

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

con interpolazione lineare per valori intermedi;

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

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

dove:

$A_c$  è l'area lorda della sezione di calcestruzzo,

$A_S$  è l'area delle armature longitudinali.



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 71 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

## 5.2 VERIFICA ALL'INSTABILITÀ

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

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

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

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

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

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

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

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

#### PILA P01

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

##### METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

##### PILA P01

		<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	=	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>		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
$f_{yk}$	=	<b>450.00</b>	<b>450.00</b>	<b>450.00</b>	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	=	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo

Geometria elemento						
$d_x$	=	<b>2.45</b>	<b>2.45</b>	<b>2.45</b>	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	=	<b>4.70</b>	<b>4.70</b>	<b>4.70</b>	m	altezza utile trasversale
$A_c$	=	<b>10.38</b>	<b>10.38</b>	<b>10.38</b>	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
L	=	<b>8.26</b>	<b>8.26</b>	<b>8.26</b>	m	altezza elemento
$J_x$	=	<b>18.77</b>	<b>18.77</b>	<b>18.77</b>	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	<b>4.52</b>	<b>4.52</b>	<b>4.52</b>	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.66	0.66	0.66	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	1.34	1.34	1.34	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	=	<b>21991</b>	<b>21991</b>	<b>21991</b>	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.05	0.05	0.05		rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	=	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>		coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	=	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>		coefficiente di vincolo trasversale
$L_{0x}$	=	16.52	16.52	16.52	m	lunghezza libera d'inflexione longitudinale
$L_{0y}$	=	16.52	16.52	16.52	m	lunghezza libera d'inflexione trasversale
$\lambda_x$	=	25.03	25.03	25.03		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	12.29	12.29	12.29		snellezza trasversale
$\lambda$	=	25.03	25.03	25.03		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite						
A	=	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>		
B	=	1.05	1.05	1.05		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	=	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
n	=	0.1259	0.1184	0.0717		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	<b>28.98</b>	<b>29.88</b>	<b>38.39</b>		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
Sollecitazioni						
$N_{Ed}$	=	<b>21504</b>	<b>20230</b>	<b>12255</b>	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	<b>13562</b>	<b>17637</b>	<b>1888</b>		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	13561.6	17637.2	1888.0		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>3689</b>	<b>3659</b>	<b>8091</b>		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	14180	18219	2240		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	14180	18219	2240		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	618.04	581.41	352.22		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	4306.77	4240.10	8443.17		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	14179.6	18218.6	2240.2	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	2831.3	2776.6	5206.8	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling						
$n_u$	=	1.0504	1.0504	1.0504		
$\eta_{bal}$	=	<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
Buckling longitudinale						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<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
$\beta_x$	=	0.328	0.328	0.328		
$K_{\varphi\beta}$	=	1.486490069	1.486490069	1.486490069		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	inflexione longitudinale
$M_{2y}$	=	1522.9	1432.7	867.9	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	<b>4354.2</b>	<b>4209.3</b>	<b>6074.7</b>	kNm	momento di progetto longitudinale
Buckling trasversale						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<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
$\beta_y$	=	0.413	0.413	0.413		
$K_{\varphi\beta}$	=	1.612	1.612	1.612		
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.040	0.040	0.040	m	inflexione trasversale
$M_{2x}$	=	861.1	810.0	490.7	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	<b>15040.7</b>	<b>19028.6</b>	<b>2730.9</b>	kNm	momento di progetto trasversale

Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	2.04	2.04	2.04	rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)	
$b_{x,eq}$	=	2.29	2.29	2.29	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	4.66	4.66	4.66	m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.10	0.11	0.40	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.63	0.87	0.15	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.132	0.137	0.425	m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.66	0.90	0.18	m	eccentricità trasversale
$e/b$	=	0.10	0.07	1.14		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.10	0.08	1.35		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.08	0.06	1.06		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
Buckling flessione deviata - verifica semplificata						
$N_{Rd}$	=	179477	179477	179477	kN	forza nominale resistente
$a$	=	1.50	1.50	1.00		esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione
$N_{Ed}$	=	21504.30	20229.87	12255	kN	sfuerzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	61666	59491	44694	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	32564	31389	23636	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	0.169	0.230	0.318		se $< 1$ verifica soddisfatta
		ok	ok	ok		

**PressoFlessione Retta**

**Comb.**

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	FS
	deviata	deviata	deviata	deviata
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	deviata
	deviata	deviata	deviata	deviata
$M_{EdzMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edz,max}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	deviata
	deviata	deviata	deviata	deviata
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [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 P02**

	<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>			
$R_{ck}$	=	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
$d_y$	=	4.70	4.70	4.70	m	altezza utile trasversale
$A_c$	=	10.38	10.38	10.38	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	=	8.26	8.26	8.26	m	altezza elemento
$J_x$	=	18.77	18.77	18.77	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	4.52	4.52	4.52	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.66	0.66	0.66	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	1.34	1.34	1.34	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	=	21991	21991	21991	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
$\lambda_x$	=	25.03	25.03	25.03		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	12.29	12.29	12.29		snellezza trasversale
$\lambda$	=	25.03	25.03	25.03		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)
$n$	=	0.1353	0.1271	0.0768		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	27.95	28.84	37.11		snellezza limite
$\vartheta_0$	=	0.005	0.005	0.005		
$\alpha_n$	=	0.70	0.70	0.70		
$\alpha_m$	=	1.00	1.00	1.00		
$\vartheta_1$	=	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

Sollecitazioni						
$N_{Ed}$	=	<b>23127</b>	<b>21712</b>	<b>13118</b>	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	<b>16001</b>	<b>20529</b>	<b>2326</b>		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	16000.6	20528.8	2325.6		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>3153</b>	<b>3164</b>	<b>10445</b>		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	16665	21153	2703		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	16665	21153	2703		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	664.68	624.00	377.03		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	3817.58	3787.73	10822.32		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	16665.3	21152.8	2702.6	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	2556.4	2522.2	6644.2	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling						
$n_u$	=	1.0504	1.0504	1.0504		
$n_{bal}$	=	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>		
$K_f$	=	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
Buckling longitudinale						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<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
$\beta_x$	=	0.328	0.328	0.328		
$K_{\varphi x}$	=	1.486490069	1.486490069	1.486490069		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
$M_{2y}$	=	1637.8	1537.6	929.0	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	<b>4194.3</b>	<b>4059.8</b>	<b>7573.2</b>	kNm	momento di progetto longitudinale
Buckling trasversale						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<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
$\beta_y$	=	0.413	0.413	0.413		
$K_{\varphi y}$	=	1.612	1.612	1.612		
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.040	0.040	0.040	m	inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	926.1	869.4	525.3	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	<b>17591.3</b>	<b>22022.2</b>	<b>3227.9</b>	kNm	momento di progetto trasversale
Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	<b>2.04</b>	<b>2.04</b>	<b>2.04</b>		rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2.29	2.29	2.29	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	4.66	4.66	4.66	m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.08	0.09	0.48	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.69	0.95	0.18	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.111	0.116	0.506	m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.72	0.97	0.21	m	eccentricità trasversale
$e/b$	=	<b>0.08</b>	<b>0.06</b>	<b>1.21</b>		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.08	0.06	1.40		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.06	0.04	1.14		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
Buckling flessione deviata - verifica semplificata						
$N_{Rd}$	=	179477	179477	179477	kN	forza nominale resistente
$a$	=	1.50	1.50	1.00		esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione
$N_{Ed}$	=	23127.02	21711.73	13118	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	<b>64383</b>	<b>62016</b>	<b>46613</b>	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	<b>34033</b>	<b>32754</b>	<b>32754</b>	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	<b>0.186</b>	<b>0.255</b>	<b>0.300</b>		se $< 1$ verifica soddisfatta
		ok	ok	ok		

**PressoFlessione Retta**

**Comb.**

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	<b>FS</b>
	deviata	deviata	<b>deviata</b>	devita
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	<b>deviata</b> devita
	deviata	deviata	<b>deviata</b>	
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	<b>deviata</b> devita
	deviata	deviata	<b>deviata</b>	
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	<b>deviata</b> devita
	deviata	deviata	<b>deviata</b>	

**PILA P03**

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

**METODO DELLA CURVATURA NOMINALE**

**PILA P03**

	<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
R <sub>ck</sub>	= 35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	= 29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	= 0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	= 16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f <sub>cm</sub>	= 37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
E <sub>cm</sub>	= 32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f <sub>yk</sub>	= 450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
γ <sub>s</sub>	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
f <sub>yd</sub>	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
E <sub>s</sub>	= 206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
ε <sub>yd</sub>	= 0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria elemento</b>					
d <sub>x</sub>	= 2.45	2.45	2.45	m	altezza utile longitudinale
d <sub>y</sub>	= 4.70	4.70	4.70	m	altezza utile trasversale
A <sub>c</sub>	= 10.38	10.38	10.38	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
L	= 8.26	8.26	8.26	m	altezza elemento
J <sub>x</sub>	= 18.77	18.77	18.77	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
J <sub>y</sub>	= 4.52	4.52	4.52	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
i <sub>x</sub>	= 0.66	0.66	0.66	m	raggio d'inerzia longitudinale
i <sub>y</sub>	= 1.34	1.34	1.34	m	raggio d'inerzia trasversale
A <sub>s</sub>	= 21991	21991	21991	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	= 0.05	0.05	0.05		rapporto meccanico di armatura
α <sub>x</sub>	= 2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
α <sub>y</sub>	= 2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
L <sub>0x</sub>	= 16.52	16.52	16.52	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L <sub>0y</sub>	= 16.52	16.52	16.52	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ <sub>x</sub>	= 25.03	25.03	25.03		snellezza longitudinale
λ <sub>y</sub>	= 12.29	12.29	12.29		snellezza trasversale
λ	= 25.03	25.03	25.03		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	= 0.1311	0.1226	0.0733		forza assiale adimensionale
λ <sub>lim</sub>	= 28.40	29.37	37.99		snellezza limite
g <sub>0</sub>	= 0.005	0.005	0.005		
α <sub>n</sub>	= 0.70	0.70	0.70		
α <sub>m</sub>	= 1.00	1.00	1.00		
g <sub>1</sub>	= 0.00348	0.00348	0.00348		
e <sub>ix</sub>	= 0.03	0.03	0.03	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e <sub>iy</sub>	= 0.03	0.03	0.03	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>					
N <sub>Ed</sub>	= 22401	20945	12519	kN	sforzo normale di calcolo
M <sub>1,x</sub>	= 15407	20141	1988		momento flettente trasversale del primo ordine
M <sub>2,x</sub>	= 15406.6	20141.1	1987.9		momento flettente trasversale del primo ordine
M <sub>1,y</sub>	= 0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine
M <sub>2,y</sub>	= 2559	2455	8345		momento flettente longitudinale del primo ordine
M <sub>01,x</sub>	= 16050	20743	2348		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
M <sub>02,x</sub>	= 16050	20743	2348		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
M <sub>01,y</sub>	= 643.80	601.97	359.80		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
M <sub>02,y</sub>	= 3202.44	3057.22	8704.98		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
M <sub>0Ed,x</sub>	= 16050.4	20743.1	2347.7	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
M <sub>0Ed,y</sub>	= 2179.0	2075.1	5366.9	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Buckling</b>					
n <sub>u</sub>	= 1.0504	1.0504	1.0504		
η <sub>bal</sub>	= 0.40	0.40	0.40		
K <sub>r</sub>	= 1.000	1.000	1.000		coefficiente correttivo funzione del carico assiale
φ(∞, t <sub>0</sub> )	= 2	2	2		coefficiente di viscosità a tempo infinito
c	= 9.87	9.87	9.87		fattore funzione della distribuzione della curvatura
<b>Buckling longitudinale</b>					
M <sub>SLE</sub> /M <sub>SLU</sub>	= 0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
φ <sub>eff,x</sub>	= 1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
β <sub>x</sub>	= 0.328	0.328	0.328		
K <sub>φx</sub>	= 1.486490069	1.486490069	1.486490069		coefficiente che tiene conto della viscosità
(1/r <sub>0</sub> ) <sub>x</sub>	= 0.0017	0.0017	0.0017		
(1/r) <sub>x</sub>	= 0.0026	0.0026	0.0026		curvatura longitudinale
e <sub>2x</sub>	= 0.071	0.071	0.071	m	inflessione longitudinale
M <sub>2y</sub>	= 1586.4	1483.3	886.6	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
M <sub>Edy</sub>	= 3765.4	3558.4	6253.5	kNm	momento di progetto longitudinale

**Buckling trasversale**

$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<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
$\beta_y$	=	0.413	0.413	0.413	
$K_{\varphi y}$	=	1.612	1.612	1.612	
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001	curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.001	0.001	0.001	curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.040	0.040	0.040	m inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	897.0	838.7	501.3	kNm momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	16947.3	21581.7	2849.0	kNm momento di progetto trasversale

**Buckling flessione deviata - verifica geometrica**

$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	<b>2.04</b>	<b>2.04</b>	<b>2.04</b>	rapporto di snellezza massimo (se <=2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$d_{x,eq}$	=	2.29	2.29	2.29	m dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	4.66	4.66	4.66	m dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.07	0.07	0.40	m eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.69	0.96	0.16	m eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.097	0.099	0.429	m eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.72	0.99	0.19	m eccentricità trasversale
$e/b$	=	<b>0.07</b>	<b>0.05</b>	<b>1.12</b>	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.07	0.05	1.33	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.05	0.03	1.05	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali

**Buckling flessione deviata - verifica semplificata**

$N_{Rd}$	=	179477	179477	179477	kN forza nominale resistente
$a$	=	1.50	1.50	1.00	esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione
$N_{Ed}$	=	22400.68	20945.24	12519	kN sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	<b>63174</b>	<b>60716</b>	<b>45470</b>	kNm momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	<b>33379</b>	<b>32051</b>	<b>23904</b>	kNm momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	<b>0.177</b>	<b>0.249</b>	<b>0.324</b>	se <1 verifica soddisfatta
		ok	ok	ok	

**PressoFlessione Retta**

**Comb.**

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	<b>FS</b>
	deviata	deviata	deviata	deviata
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	<b>deviata</b> devita
	deviata	deviata	deviata	deviata
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	<b>deviata</b> devita
	deviata	deviata	deviata	deviata
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	<b>deviata</b> devita
	deviata	deviata	deviata	deviata

**PILA P04**

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

**METODO DELLA CURVATURA NOMINALE**

**PILA P04**

	<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	=	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	MPa resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05	29.05	29.05	MPa resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	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
$f_{yk}$	=	<b>450.00</b>	<b>450.00</b>	<b>450.00</b>	MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	391	391	391	MPa tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	=	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190	deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria elemento</b>					
$d_x$	=	<b>2.45</b>	<b>2.45</b>	<b>2.45</b>	m altezza utile longitudinale
$d_y$	=	<b>4.70</b>	<b>4.70</b>	<b>4.70</b>	m altezza utile trasversale
$A_c$	=	<b>10.38</b>	<b>10.38</b>	<b>10.38</b>	m <sup>2</sup> area sezione trasversale
$L$	=	<b>8.26</b>	<b>8.26</b>	<b>8.26</b>	m altezza elemento
$J_x$	=	<b>18.77</b>	<b>18.77</b>	<b>18.77</b>	m <sup>4</sup> momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	<b>4.52</b>	<b>4.52</b>	<b>4.52</b>	m <sup>4</sup> momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.66	0.66	0.66	m <sup>2</sup> raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	1.34	1.34	1.34	m <sup>2</sup> raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	=	<b>21991</b>	<b>21991</b>	<b>21991</b>	mm <sup>2</sup> area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.05	0.05	0.05	rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	=	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	=	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	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
$\lambda_x$	=	25.03	25.03	25.03	snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	12.29	12.29	12.29	snellezza trasversale
$\lambda$	=	25.03	25.03	25.03	snellezza massima

Valutazione della snellezza limite				
A	=	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>
B	=	1.05	1.05	1.05
C	=	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>
n	=	0.1395	0.1249	0.0795
$\lambda_{lim}$	=	27.53	29.09	36.46
coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura				
coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)				
forza assiale adimensionale				
snellezza limite				
$\vartheta_0$	=	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>
$\alpha_n$	=	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
$e_{iy}$	=	0.03	0.03	0.03
eccentricità aggiuntiva longitudinale				
eccentricità aggiuntiva trasversale				
Sollecitazioni				
$N_{Ed}$	=	<b>23838</b>	<b>21347</b>	<b>13590</b>
$M_{1,x}$	=	<b>16814</b>	<b>22007</b>	<b>2731</b>
$M_{2,x}$	=	16813.5	22007.0	2730.7
$M_{1,y}$	=	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
$M_{2,y}$	=	<b>2038</b>	<b>2113</b>	<b>12622</b>
$M_{01,x}$	=	17499	22620	3121
$M_{02,x}$	=	17499	22620	3121
$M_{01,y}$	=	685.10	613.52	390.57
$M_{02,y}$	=	2722.84	2726.93	13012.88
$M_{0Ed,x}$	=	17498.6	22620.5	3121.3
$M_{0Ed,y}$	=	1907.7	1881.6	7964.0
Buckling				
$n_u$	=	1.0504	1.0504	1.0504
$n_{bal}$	=	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>
$K_\varphi$	=	1.000	1.000	1.000
$\varphi(\infty, t_0)$	=	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
c	=	9.87	9.87	9.87
coefficiente correttivo funzione del carico assiale				
coefficiente di viscosità a tempo infinito				
fattore funzione della distribuzione della curvatura				
Buckling longitudinale				
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>
$\varphi_{eff,x}$	=	1.4815	1.4815	1.4815
$\beta_x$	=	0.328	0.328	0.328
$K_{\varphi x}$	=	1.486490069	1.486490069	1.486490069
$(1/r_0)_x$	=	0.0017	0.0017	0.0017
$(1/r)_x$	=	0.0026	0.0026	0.0026
$e_{2x}$	=	0.071	0.071	0.071
$M_{2y}$	=	1688.2	1511.8	962.4
$M_{Edy}$	=	3595.9	3393.3	8926.4
curvatura longitudinale				
inflexione longitudinale				
momento nominale del 2° ordine longitudinale				
momento di progetto longitudinale				
Buckling trasversale				
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>
$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815
$\beta_y$	=	0.413	0.413	0.413
$K_{\varphi y}$	=	1.612	1.612	1.612
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001
$(1/r)_y$	=	0.001	0.001	0.001
$e_{2y}$	=	0.040	0.040	0.040
$M_{2x}$	=	954.5	854.8	544.2
$M_{Edx}$	=	18453.1	23475.3	3665.5
curvatura trasversale				
inflexione trasversale				
momento nominale del 2° ordine trasversale				
momento di progetto trasversale				
Buckling flessione deviata - verifica geometrica				
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	2.04	2.04	2.04
$b_{x,eq}$	=	2.29	2.29	2.29
$b_{y,eq}$	=	4.66	4.66	4.66
$e_x$	=	0.05	0.06	0.56
$e_y$	=	0.71	1.03	0.20
$e_{x0}$	=	0.080	0.088	0.586
$e_{y0}$	=	0.73	1.06	0.23
e/b	=	<b>0.05</b>	<b>0.04</b>	<b>1.25</b>
$(e/b)_x$	=	0.06	0.04	1.43
$(e/b)_y$	=	0.03	0.03	1.19
rapporto di snellezza massimo (se <=2 sufficiente verifica a flessione semplice)				
dimensione longitudinale equivalente				
dimensione trasversale equivalente				
eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni				
eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni				
eccentricità longitudinale				
eccentricità trasversale				
minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti				
minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali				
minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali				
Buckling flessione deviata - verifica semplificata				
$N_{Rd}$	=	179477	179477	179477
a	=	1.50	1.50	1.00
$N_{Ed}$	=	23837.75	21347.02	13590
$M_{Rdx}$	=	<b>65554</b>	<b>61399</b>	<b>47508</b>
$M_{Rdy}$	=	<b>34666</b>	<b>32420</b>	<b>24983</b>
check	=	0.183	0.270	0.434
forza nominale resistente				
esponente del dominio				
valore da trovare attraverso interpolazione				
sforzo normale di calcolo				
momento resistente trasversale per pressoflessione retta				
momento resistente longitudinale per pressoflessione retta				
se <1 verifica soddisfatta				
ok				
ok				
ok				
PressoFlessione Retta				
Comb.				
$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	FS
	deviata	deviata	deviata	deviata
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	deviata
	deviata	deviata	deviata	deviata
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]	deviata
	deviata	deviata	deviata	deviata
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]	deviata
	deviata	deviata	deviata	deviata

## PILA P05

### EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8) METODO DELLA CURVATURA NOMINALE PILA P05

	<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	= 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
$d_y$	= 4.70	4.70	4.70	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= 10.38	10.38	10.38	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	= 14.26	14.26	14.26	m	altezza elemento
$J_x$	= 18.77	18.77	18.77	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	= 4.52	4.52	4.52	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	= 0.66	0.66	0.66	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 1.34	1.34	1.34	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	= 21991	21991	21991	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
$\lambda_x$	= 43.21	43.21	43.21		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 21.21	21.21	21.21		snellezza trasversale
$\lambda$	= 43.21	43.21	43.21		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)
$n$	= 0.1443	0.1299	0.0834		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	= 27.07	28.52	35.61		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		
$\vartheta_1$	= 0.00333	0.00333	0.00333		
$e_{xx}$	= 0.05	0.05	0.05	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{yy}$	= 0.05	0.05	0.05	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
Sollecitazioni					
$N_{Ed}$	= 24649	22201	14243	kN	sfuerzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= 17567	23022	3242		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	= 17567.1	23021.7	3242.3		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	= 0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	= 3657	3926	14893		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	= 18739	24077	3919		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	= 18739	24077	3919		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	= 1171.67	1055.28	677.04		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	= 4828.88	4981.55	15569.55		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	= 18738.8	24077.0	3919.3	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	= 3366.0	3411.0	9612.5	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling					
$n_u$	= 1.0504	1.0504	1.0504		
$n_{bal}$	= 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
$\beta_x$	= 0.207	0.207	0.207		
$K_{\varphi x}$	= 1.306916	1.306916	1.306916		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
$e_{2x}$	= 0.186	0.186	0.186	m	inflessione longitudinale
$M_{2y}$	= 4574.3	4119.9	2643.2	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	= 7940.3	7530.9	12255.8	kNm	momento di progetto 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 79 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

<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
$\beta_y$	=	0.354	0.354	0.354	
$K_{\varphi y}$	=	1.524	1.524	1.524	
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001	curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.001	0.001	0.001	curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.113	0.113	0.113	m inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	2780.9	2504.7	1606.9	kNm momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	<b>21519.7</b>	<b>26581.7</b>	<b>5526.3</b>	kNm momento di progetto trasversale
<b>Buckling flessione deviata - verifica geometrica</b>					
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	<b>2.04</b>	<b>2.04</b>	<b>2.04</b>	rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2.29	2.29	2.29	m dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	4.66	4.66	4.66	m dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.09	0.11	0.63	m eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.71	1.04	0.23	m eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.137	0.154	0.675	m eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.76	1.08	0.28	m eccentricità trasversale
$e/b$	=	<b>0.09</b>	<b>0.07</b>	<b>1.20</b>	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.09	0.07	1.46	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.06	0.05	1.12	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>					
$N_{Rd}$	=	179477	179477	179477	kN forza nominale resistente
$a$	=	1.50	1.50	1.00	esponente del dominio valore da trovare attraverso interpolazione
$N_{Ed}$	=	24649.49	22200.80	14243	kN sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	<b>66867</b>	<b>62840</b>	<b>48737</b>	kNm momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	<b>35380</b>	<b>33198</b>	<b>25635</b>	kNm momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	<b>0.289</b>	<b>0.383</b>	<b>0.591</b>	se $< 1$ verifica soddisfatta
		ok	ok	ok	

#### PressoFlessione Retta

##### Comb.

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	<b>FS</b>
	deviata	deviata	<b>deviata</b>	devita
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	<b>deviata</b> devita
	deviata	deviata	<b>deviata</b>	devita
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	<b>deviata</b> devita
	deviata	deviata	<b>deviata</b>	devita
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	<b>deviata</b> devita
	deviata	deviata	<b>deviata</b>	devita

## PILA P06

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

#### METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

##### PILA P06

		<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	=	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>		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
$f_{yk}$	=	<b>450.00</b>	<b>450.00</b>	<b>450.00</b>	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	=	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$\varepsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo

**CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B  
DEL D.M. 5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo****

Opera: **Viadotto Santuzza II**

Relazione di Calcolo Pile

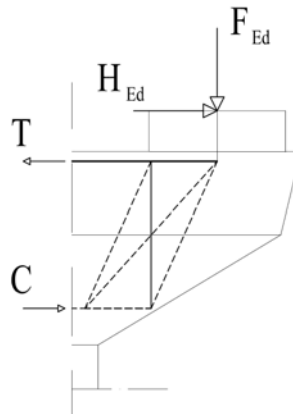
Pagina 80 di 112

Nome file:  
V110-C-CL006\_B.00\_relazione\_calcolo\_Pile\_DX.doc

<b>Geometria elemento</b>					
$d_x$	=	<b>2.45</b>	<b>2.45</b>	<b>2.45</b> m	altezza utile longitudinale
$d_y$	=	<b>4.70</b>	<b>4.70</b>	<b>4.70</b> m	altezza utile trasversale
$A_c$	=	<b>10.38</b>	<b>10.38</b>	<b>10.38</b> m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	=	<b>8.26</b>	<b>8.26</b>	<b>8.26</b> m	altezza elemento
$J_x$	=	<b>18.77</b>	<b>18.77</b>	<b>18.77</b> m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	<b>4.52</b>	<b>4.52</b>	<b>4.52</b> m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.66	0.66	0.66 m	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	1.34	1.34	1.34 m	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	=	<b>21991</b>	<b>21991</b>	<b>21991</b> mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.05	0.05	0.05	rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	=	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	=	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	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
$\lambda_x$	=	25.03	25.03	25.03	snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	12.29	12.29	12.29	snellezza trasversale
$\lambda$	=	25.03	25.03	25.03	snellezza massima
<b>Valutazione della snellezza limite</b>					
$A$	=	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	
$B$	=	1.05	1.05	1.05	coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
$C$	=	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
$n$	=	0.1349	0.1218	0.0784	forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	<b>27.99</b>	<b>29.46</b>	<b>36.72</b>	snellezza limite
$S_0$	=	<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>	
$S_1$	=	0.00348	0.00348	0.00348	
$e_{2x}$	=	0.03	0.03	0.03 m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{2y}$	=	0.03	0.03	0.03 m	eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>					
$N_{Ed}$	=	<b>23057</b>	<b>20818</b>	<b>13394</b> kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	<b>14596</b>	<b>18670</b>	<b>2333</b>	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	14596.3	18670.3	2333.3	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>4452</b>	<b>4829</b>	<b>12818</b>	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	15259	19269	2718	minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	15259	19269	2718	massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	662.67	598.33	384.94	minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	5114.65	5427.30	13202.66	massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	15259.0	19268.6	2718.2 kNm	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	3333.9	3495.7	8075.6 kNm	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Buckling</b>					
$n_b$	=	1.0504	1.0504	1.0504	
$n_{baf}$	=	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	
$K_x$	=	1.000	1.000	1.000	coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(=t_0)$	=	<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
$\beta_x$	=	0.328	0.328	0.328	
$K_{xx}$	=	1.486490069	1.486490069	1.486490069	coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r)_x$	=	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
$M_{2y}$	=	1632.9	1474.3	948.5 kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Ed,y}$	=	<b>4966.7</b>	<b>4970.1</b>	<b>9024.1</b> 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
$\beta_y$	=	0.413	0.413	0.413	
$K_{yy}$	=	1.612	1.612	1.612	
$(1/r)_y$	=	0.001	0.001	0.001	curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.001	0.001	0.001	curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.040	0.040	0.040 m	inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	923.3	833.6	536.3 kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Ed,x}$	=	<b>16182.3</b>	<b>20102.2</b>	<b>3254.5</b> kNm	momento di progetto trasversale
<b>Buckling flessione deviata - verifica geometrica</b>					
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	<b>2.04</b>	<b>2.04</b>	<b>2.04</b>	rapporto di snellezza massimo (se <=2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2.29	2.29	2.29 m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	4.66	4.66	4.66 m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.12	0.14	0.57 m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.63	0.90	0.17 m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.145	0.168	0.603 m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.66	0.93	0.20 m	eccentricità trasversale
$e/b$	=	<b>0.11</b>	<b>0.09</b>	<b>1.46</b>	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.11	0.09	1.70	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.09	0.07	1.39	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>					
$N_{Rd}$	=	179477	179477	179477 kN	forza nominale resistente
$a$	=	1.50	1.50	1.00	esponente del dominio <span style="margin-left: 20px;">valore da trovare attraverso interpolazione</span>
$N_{Ed}$	=	23057.21	20818.41	13394 kN	sforzo normale di calcolo
$M_{Rd,x}$	=	<b>64267</b>	<b>60500</b>	<b>47137</b> kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rd,y}$	=	<b>33971</b>	<b>31934</b>	<b>24786</b> kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	<b>0.182</b>	<b>0.253</b>	<b>0.433</b>	se <1 verifica soddisfatta
ok		ok	ok	ok	
<b>PressoFlessione Retta</b>					
<b>Comb.</b>					
$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	<b>FS</b>	
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	<b>deviata</b>	deviata
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]	<b>deviata</b>	deviata
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]	<b>deviata</b>	deviata
	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.

### RIEPILOGO Pulvini più sollecitati combinazione

	Nmax	Vmax
Fz	<b>10815</b>	<b>9539</b>
V	<b>449</b>	<b>514</b>
	<b>P05-dx</b>	<b>P01-dx</b>

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

#### Bridge Cap - Strut & Tie Model

##### Materiali

$R_{ck}$	=	<b>35</b>	35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ck}$	=	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{cd}$	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{yd}$	=	<b>391.3</b>	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	<b>1.18</b>	<b>1.18</b>		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\beta_2$	=	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\beta_3$	=	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	<b>20.20</b>	<b>20.20</b>	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi
$\sigma_{2Rd,max}$	=	17.12	17.12	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione
$\sigma_{3Rd,max}$	=	15.06	15.06	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione

##### Mensola

$F_{Ed}$	=	P05-dx	P01-dx		
	=	10815	9539	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$H_{Ed}$	=	449	514	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

##### Geometria

$a_c$	=	<b>1450</b>	1450	mm	distanza asse appoggio estradosso pila
B	=	<b>2500</b>	2500	mm	larghezza pulvino
$h_c$	=	<b>3200</b>	3200	mm	altezza pulvino
c	=	<b>50</b>	50	mm	copriferro
s	=	<b>60</b>	60	mm	altezza dente estradosso pulvino
$b_1$	=	<b>1100</b>	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_2$	=	<b>1100</b>	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_3$	=	<b>300</b>	300	mm	altezza baggiolo
d	=	3150	3150	mm	altezza utile
z	=	2520	2520	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	214.2	188.9	mm	larghezza biella compressa
$y_1$	=	504.0	504.0	mm	altezza biella compressa
a	=	1557.1	1544.5	mm	distanza tra $F_{Ed}$ e asse larghezza pila collaborante
$a_H$	=	410	410	mm	distanza tra $H_{Ed}$ e armatura

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 82 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

#### Verifiche Puntone-Tirante

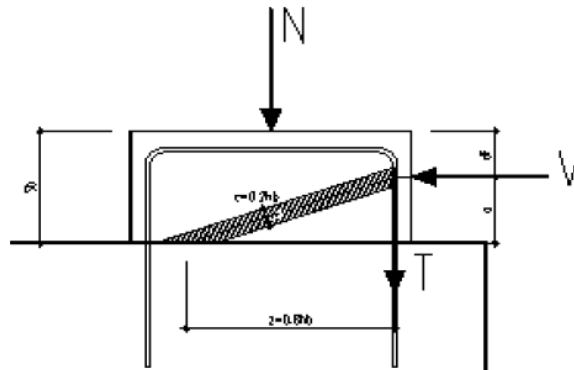
C	=	6756	5930	kN	risultante di compressione
T	=	7205	6444	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	2.68	2.35	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	7.53	8.58		
n	=	44	44		numero ferri superiore
$\emptyset$	=	26	26	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	23360.9	23360.9	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	308.40	275.84	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	1.27	1.42		

#### Armatura a Taglio

	=	orizz	orizz		disposizione staffe
$F_{wd}$	=	3284	2912	kN	risultante forza di taglio
$n_w$	=	4	4		numero staffe
$s_w$	=	200	200	mm	passo staffe
$\emptyset_w$	=	20	20	mm	diametro staffe
$k_2$	=	0.25	0.25		coefficiente per l'armatura a taglio minima (0.25 se orizzontale 0.5 se verticale)
$A_{s,ink}$	=	5840.2	5840.2	mm <sup>2</sup>	armatura minima a taglio
$A_{sw}$	=	9783.5	9704.1	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
$\sigma_s$	=	335.71	300.09	MPa	tensione di trazione staffe
FS	=	1.17	1.30		

## 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

$b_0$  = larghezza dell'appoggio

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

**Bridge Cap - Strut & Tie Model**

**Materiali**

$R_{ck}$	=	<b>45</b>	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
$f_{yd}$	=	<b>391.3</b>	<b>391.3</b>	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	<b>1.18</b>	<b>1.18</b>		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\beta_2$	=	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\beta_3$	=	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	<b>24.99</b>	<b>24.99</b>	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**

		P05-dx	P01-dx		
$F_{Ed}$	=	10815	9539	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$H_{Ed}$	=	449	514	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

**Geometria**

$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo		
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo		
$b_3$	=	<b>150</b>	150	mm	altezza baggiolo		
$b_0$	=	<b>950</b>	950	mm	larghezza appoggio		
$c$	=	<b>30</b>	30	mm	copriferro	Hmax	460 mm
$d$	=	1070	1070	mm	altezza utile	Hmin	150 mm
$z$	=	856	856	mm	braccio della coppia interna		
$X_1$	=	16.3	18.7	mm	larghezza biella compressa		
$y_1$	=	171.2	171.2	mm	altezza biella compressa		
$a$	=	158.2	159.3	mm			
$\alpha$	=	0.18	0.18	rad			

**Verifiche Puntone-Tirante**

$C$	=	456	523	kN	risultante di compressione
$T$	=	83	96	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	<b>1.21</b>	<b>1.39</b>	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	20.63	18.00		
$n$	=	<b>6</b>	6		numero ferri superiore
$\emptyset$	=	<b>16</b>	16	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	1206.4	1206.4	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	<b>68.73</b>	<b>79.33</b>	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	5.69	4.93		

**Verifiche armatura a fenditura**

$T$	=	447	394	kN	risultante forza di taglio
$A_s$	=	1142.1	1142.1	mm <sup>2</sup>	armatura necessaria
$s$	=	<b>150</b>	150	mm	passo strati
$n$	=	2	2		numero strati
$n$	=	<b>8</b>	8		numero ferri orizzontali contenuti nello strato
$\emptyset_w$	=	<b>14</b>	14	mm	diametro ferro orizzontale strato
$A_{sw}$	=	2463.0	2463.0	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
FS	=	2.16	2.16		

**Bridge Cap - Strut & Tie Model**

**Materiali**

$R_{ck}$	=	<b>45</b>	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
$f_{yd}$	=	<b>391.3</b>	<b>391.3</b>	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	<b>1.18</b>	<b>1.18</b>		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\beta_2$	=	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\beta_3$	=	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	<b>24.99</b>	<b>24.99</b>	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**

		P05-dx	P01-dx		
$F_{Ed}$	=	10815	9539	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$H_{Ed}$	=	449	514	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 84 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

#### Geometria

$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo			
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo			
$b_3$	=	460	460	mm	altezza baggiolo			
$b_0$	=	950	950	mm	larghezza appoggio			
$c$	=	30	30	mm	copriferro	Hmax	460 mm	altezza massima baggiolo
$d$	=	1070	1070	mm	altezza utile	Hmin	150 mm	altezza minima baggiolo
$z$	=	856	856	mm	braccio della coppia interna			
$x_1$	=	16.3	18.7	mm	larghezza biella compressa			
$y_1$	=	171.2	171.2	mm	altezza biella compressa			
$a$	=	468.2	469.3	mm				
$\alpha$	=	0.50	0.50	rad				

#### Verifiche Puntone-Tirante

$C$	=	511	586	kN	risultante di compressione			
$T$	=	245	282	kN	risultante di trazione			
$\sigma_c$	=	1.36	1.56	MPa	tensione di compressione nel puntone			
FS	=	18.40	16.06					
$n$	=	6	6		numero ferri superiore			
$\emptyset$	=	16	16	mm	diametro armatura superiore			
$A_s$	=	1206.4	1206.4	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore			
$\sigma_s$	=	203.45	233.65	MPa	tensione di trazione nel tirante			
FS	=	1.92	1.67					

#### Verifiche armatura a fenditura

$T$	=	447	394	kN	risultante forza di taglio			
$A_s$	=	1142.1	1142.1	mm <sup>2</sup>	armatura necessaria			
$s$	=	150	150	mm	passo strati			
$n$	=	4	4		numero strati			
$n$	=	8	8		numero ferri orizzontali contenuti nello strato			
$\emptyset_w$	=	14	14	mm	diametro ferro orizzontale strato			
$A_{sw}$	=	4926.0	4926.0	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto			
FS	=	4.31	4.31					

## 7 DISPOSITIVI ANTISISMICI

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

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

$V$	=	10980	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
$F_{zd}$	=	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
$K_e$	=	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
$K_v$	=	2814	kN/mm	rigidezza verticale
$d$	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
$D_g$	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
$W$	=	1049	kg	peso dell'isolatore

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 85 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

	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	1.2	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 rigidità 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					P=FZ	V2=FX	V3=FY	Ux	Uy	Uh	
Link		P=FZ	V2=FX	V3=FY							
Text		KN	KN	KN							
NL_dx1	01) g1-imp	3273	0	8	SLC1	4404.5	484.8	72.4	160.0	23.9	161.8
NL_dx1	02) g2	754	0	2	SLC2	4416.4	210.8	197.1	69.6	65.0	95.2
NL_dx1	03) e2	184	32	1	SLC3	4501.8	209.5	69.9	69.1	23.1	72.9
NL_dx1	04) e3	292	118	8	SLU1	9012.2	161.6	299.0	53.3	98.7	112.2
NL_dx1	05) q1	2992	1	2	SLU2	9103.6	203.6	192.1	67.2	63.4	92.4
NL_dx1	06) q1	2357	0	4	SLU3	9980.8	147.3	188.8	48.6	62.3	79.0
NL_dx1	07) q3	0	57	1							
NL_dx1	08) q4	0	0	3							
NL_dx1	09) q5-imp	81	24	185							
NL_dx1	10) SLC1	47	393	57							
NL_dx1	11) SLC2	59	119	182							
NL_dx1	12) SLC3	144	118	55							
NL_dx2	01) g1-imp	3634	1	13	SLC1	4742.5	438.4	78.6	144.7	25.9	147.0
NL_dx2	02) g2	837	0	3	SLC2	4767.6	170.7	188.3	56.3	62.1	83.9
NL_dx2	03) e2	125	19	4	SLC3	4832.9	169.5	74.8	55.9	24.7	61.2
NL_dx2	04) e3	198	69	13	SLU1	9734.7	96.3	367.2	31.8	121.2	125.3
NL_dx2	05) q1	3232	2	7	SLU2	9773.5	121.2	243.2	40.0	80.3	89.7
NL_dx2	06) q1	223	1	1	SLU3	10777.1	88.4	239.2	29.2	79.0	84.2
NL_dx2	07) q3	1	56	1							
NL_dx2	08) q4	0	0	3							
NL_dx2	09) q5-imp	94	14	217							
NL_dx2	10) SLC1	47	384	53							
NL_dx2	11) SLC2	72	116	163							
NL_dx2	12) SLC3	137	115	49							
NL_dx3	01) g1-imp	3588	0	11	SLC1	4575.0	406.9	76.5	134.3	25.2	136.6
NL_dx3	02) g2	827	0	3	SLC2	4593.1	135.9	191.8	44.9	63.3	77.6
NL_dx3	03) e2	63	6	5	SLC3	4665.3	134.5	75.9	44.4	25.0	51.0
NL_dx3	04) e3	100	22	15	SLU1	9567.7	31.7	368.2	10.5	121.5	122.0
NL_dx3	05) q1	3281	2	14	SLU2	9557.0	40.3	248.1	13.3	81.9	83.0
NL_dx3	06) q1	332	1	3	SLU3	10624.7	30.2	245.5	10.0	81.0	81.6
NL_dx3	07) q3	1	57	0							
NL_dx3	08) q4	0	0	3							
NL_dx3	09) q5-imp	98	4	212							
NL_dx3	10) SLC1	48	389	50							
NL_dx3	11) SLC2	66	118	166							
NL_dx3	12) SLC3	138	117	50							
NL_dx4	01) g1-imp	3586	1	2	SLC1	4574.6	391.1	65.0	129.1	21.4	130.8
NL_dx4	02) g2	826	0	0	SLC2	4605.9	133.2	177.8	44.0	58.7	73.3
NL_dx4	03) e2	63	6	4	SLC3	4666.1	131.0	63.1	43.2	20.8	48.0
NL_dx4	04) e3	99	23	15	SLU1	9553.1	35.8	339.4	11.8	112.0	112.6
NL_dx4	05) q1	3281	1	2	SLU2	9546.2	43.5	219.0	14.4	72.3	73.7
NL_dx4	06) q1	85	1	1	SLU3	10614.0	32.7	212.2	10.8	70.0	70.9
NL_dx4	07) q3	1	54	0							
NL_dx4	08) q4	0	0	3							
NL_dx4	09) q5-imp	91	6	213							
NL_dx4	10) SLC1	50	372	51							
NL_dx4	11) SLC2	81	114	164							
NL_dx4	12) SLC3	142	112	49							

**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_dx5	01) g1-imp	3653	1	0	SLC1	4768.5	417.2	63.9	137.7	21.1	139.3
NL_dx5	02) g2	842	0	0	SLC2	4808.7	165.8	169.4	54.7	55.9	78.2
NL_dx5	03) e2	124	18	4	SLC3	4859.1	162.6	58.6	53.7	19.4	57.1
NL_dx5	04) e3	197	68	13	SLU1	9771.3	95.8	342.3	31.6	113.0	117.3
NL_dx5	05) q1	3237	0	1	SLU2	9808.4	118.9	217.6	39.2	71.8	81.8
NL_dx5	06) q1	99	1	1	SLU3	10815.4	86.5	211.6	28.6	69.8	75.4
NL_dx5	07) q3	0	53	1							
NL_dx5	08) q4	0	0	3							
NL_dx5	09) q5-imp	94	16	218							
NL_dx5	10) SLC1	50	364	53							
NL_dx5	11) SLC2	90	113	159							
NL_dx5	12) SLC3	141	109	48							
NL_dx6	01) g1-imp	3289	1	0	SLC1	4456.6	468.6	65.1	154.6	21.5	156.1
NL_dx6	02) g2	758	0	0	SLC2	4482.6	209.4	182.2	69.1	60.1	91.6
NL_dx6	03) e2	201	32	2	SLC3	4554.7	204.6	58.4	67.5	19.3	70.2
NL_dx6	04) e3	318	116	6	SLU1	9096.5	161.3	285.6	53.2	94.3	108.3
NL_dx6	05) q1	3004	0	0	SLU2	9197.9	201.9	176.9	66.6	58.4	88.6
NL_dx6	06) q1	170	1	1	SLU3	10066.5	146.2	174.2	48.3	57.5	75.1
NL_dx6	07) q3	0	55	1							
NL_dx6	08) q4	0	0	3							
NL_dx6	09) q5-imp	86	25	186							
NL_dx6	10) SLC1	49	378	60							
NL_dx6	11) SLC2	75	118	178							
NL_dx6	12) SLC3	148	114	54							
NL_sx1	01) g1-imp	3207	1	8	SLC1	4567.1	482.7	72.6	159.3	24.0	161.1
NL_sx1	02) g2	739	0	2	SLC2	4576.9	210.6	197.3	69.5	65.1	95.2
NL_sx1	03) e2	321	32	1	SLC3	4666.1	209.3	70.1	69.1	23.1	72.8
NL_sx1	04) e3	509	118	8	SLU1	8534.9	161.5	305.3	53.3	100.8	114.0
NL_sx1	05) q1	2314	0	8	SLU2	8731.8	203.3	198.5	67.1	65.5	93.8
NL_sx1	06) q1	312	1	4	SLU3	9274.1	146.8	197.2	48.5	65.1	81.1
NL_sx1	07) q3	0	57	1							
NL_sx1	08) q4	0	0	3							
NL_sx1	09) q5-imp	79	25	185							
NL_sx1	10) SLC1	45	391	57							
NL_sx1	11) SLC2	55	118	182							
NL_sx1	12) SLC3	144	117	55							
NL_sx2	01) g1-imp	3552	0	13	SLC1	4455.5	435.4	78.6	143.7	25.9	146.0
NL_sx2	02) g2	818	0	3	SLC2	4475.6	169.6	188.3	56.0	62.1	83.6
NL_sx2	03) e2	22	19	4	SLC3	4547.4	168.4	74.8	55.6	24.7	60.8
NL_sx2	04) e3	35	69	13	SLU1	8633.9	94.7	366.0	31.3	120.8	124.8
NL_sx2	05) q1	2519	0	5	SLU2	8595.5	119.5	242.0	39.4	79.9	89.1
NL_sx2	06) q1	70	1	1	SLU3	9435.3	86.3	237.5	28.5	78.4	83.4
NL_sx2	07) q3	0	56	1							
NL_sx2	08) q4	0	0	3							
NL_sx2	09) q5-imp	92	14	217							
NL_sx2	10) SLC1	46	381	53							
NL_sx2	11) SLC2	66	116	163							
NL_sx2	12) SLC3	138	114	49							
NL_sx3	01) g1-imp	3527	1	11	SLC1	4527.4	405.2	76.2	133.7	25.1	136.1
NL_sx3	02) g2	813	0	3	SLC2	4544.8	136.2	191.5	44.9	63.2	77.6
NL_sx3	03) e2	79	6	5	SLC3	4620.4	134.8	75.6	44.5	25.0	51.0
NL_sx3	04) e3	126	23	15	SLU1	8788.8	33.3	354.6	11.0	117.0	117.5
NL_sx3	05) q1	2576	2	1	SLU2	8791.7	42.0	234.5	13.8	77.4	78.6
NL_sx3	06) q1	1085	0	3	SLU3	9607.2	31.9	227.4	10.5	75.1	75.8
NL_sx3	07) q3	1	57	0							
NL_sx3	08) q4	0	0	3							
NL_sx3	09) q5-imp	96	4	212							
NL_sx3	10) SLC1	46	386	50							
NL_sx3	11) SLC2	64	117	166							
NL_sx3	12) SLC3	139	116	50							
NL_sx4	01) g1-imp	3521	0	2	SLC1	4527.5	387.4	65.0	127.8	21.4	129.6
NL_sx4	02) g2	811	0	0	SLC2	4560.5	131.4	177.8	43.4	58.7	73.0
NL_sx4	03) e2	81	6	4	SLC3	4619.8	129.2	63.1	42.6	20.8	47.5
NL_sx4	04) e3	128	23	15	SLU1	8768.0	34.6	337.9	11.4	111.5	112.1
NL_sx4	05) q1	2568	1	0	SLU2	8775.0	42.2	217.5	13.9	71.8	73.1
NL_sx4	06) q1	859	1	1	SLU3	9586.8	31.3	210.3	10.3	69.4	70.2
NL_sx4	07) q3	1	54	0							
NL_sx4	08) q4	0	0	3							
NL_sx4	09) q5-imp	91	6	213							
NL_sx4	10) SLC1	50	369	51							
NL_sx4	11) SLC2	83	113	164							
NL_sx4	12) SLC3	143	111	49							
NL_sx5	01) g1-imp	3569	0	0	SLC1	4480.8	413.3	63.9	136.4	21.1	138.0
NL_sx5	02) g2	822	0	0	SLC2	4516.2	163.9	169.4	54.1	55.9	77.8
NL_sx5	03) e2	20	18	4	SLC3	4568.9	160.7	58.6	53.0	19.4	56.4
NL_sx5	04) e3	33	67	13	SLU1	8662.4	94.7	342.0	31.2	112.9	117.1
NL_sx5	05) q1	2522	0	0	SLU2	8622.3	117.4	217.3	38.8	71.7	81.5
NL_sx5	06) q1	1046	1	1	SLU3	9464.0	85.2	211.2	28.1	69.7	75.2
NL_sx5	07) q3	0	53	1							
NL_sx5	08) q4	0	0	3							
NL_sx5	09) q5-imp	93	16	218							
NL_sx5	10) SLC1	53	361	53							
NL_sx5	11) SLC2	89	112	159							
NL_sx5	12) SLC3	141	109	48							
NL_sx6	01) g1-imp	3245	0	0	SLC1	4588.6	464.5	65.1	153.3	21.5	154.8
NL_sx6	02) g2	748	0	0	SLC2	4617.2	207.4	182.2	68.4	60.1	91.1
NL_sx6	03) e2	304	32	2	SLC3	4686.0	202.5	58.5	66.8	19.3	69.5
NL_sx6	04) e3	481	116	6	SLU1	8564.7	160.4	285.5	52.9	94.2	108.1
NL_sx6	05) q1	2312	0	0	SLU2	8744.6	200.4	176.8	66.2	58.3	88.2
NL_sx6	06) q1	931	0	1	SLU3	9299.6	145.1	174.1	47.9	57.4	74.8
NL_sx6	07) q3	1	55	1							
NL_sx6	08) q4	0	0	3							
NL_sx6	09) q5-imp	85	26	186							
NL_sx6	10) SLC1	51	375	60							
NL_sx6	11) SLC2	80	118	178							
NL_sx6	12) SLC3	148	113	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 87 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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>4859</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
<b>F<sub>Sd,zd</sub></b>	=	<b>10815</b>	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
<b>d<sub>max</sub></b>	=	<b>173</b>	mm	spostamento massimo dell'impalcato
	=			
FS	=	2.26	ok	verifica sull'isolatore in fase di sisma
FS	=	1.96	ok	verifica sull'isolatore per carico verticale allo SLU in esercizio
FS	=	1.74	ok	spostamento dell'isolatore
	=			
d <sub>giunto</sub>	=	345	mm	massima escursione del giunto
<b>d<sub>max</sub> SLC</b>	=	<b>173</b>	mm	spostamento massimo in fase di sisma
<b>d<sub>max</sub> SLU</b>	=	<b>125</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 173 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm. Dunque, l'isolatore scelto è completamente verificato per la carreggiata DX 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.

### SEZIONE A-A SCALA 1:50

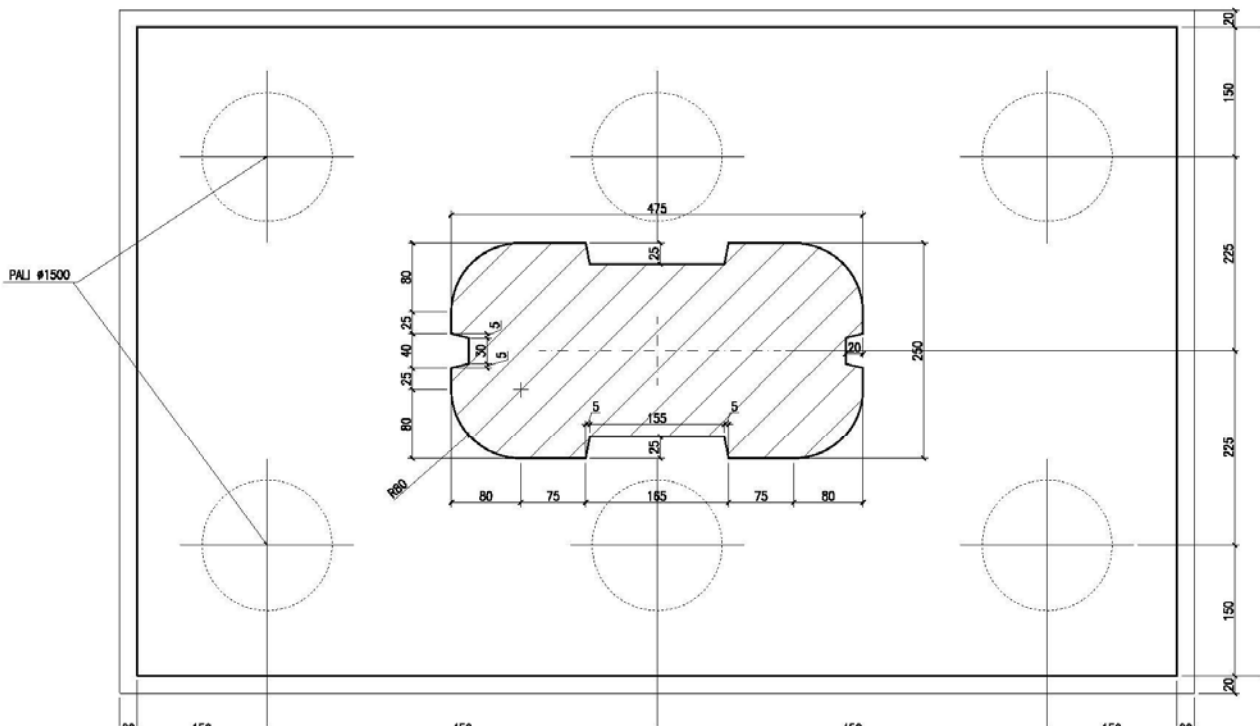


Figura 8-1 - Pianta del plinto di fondazione.

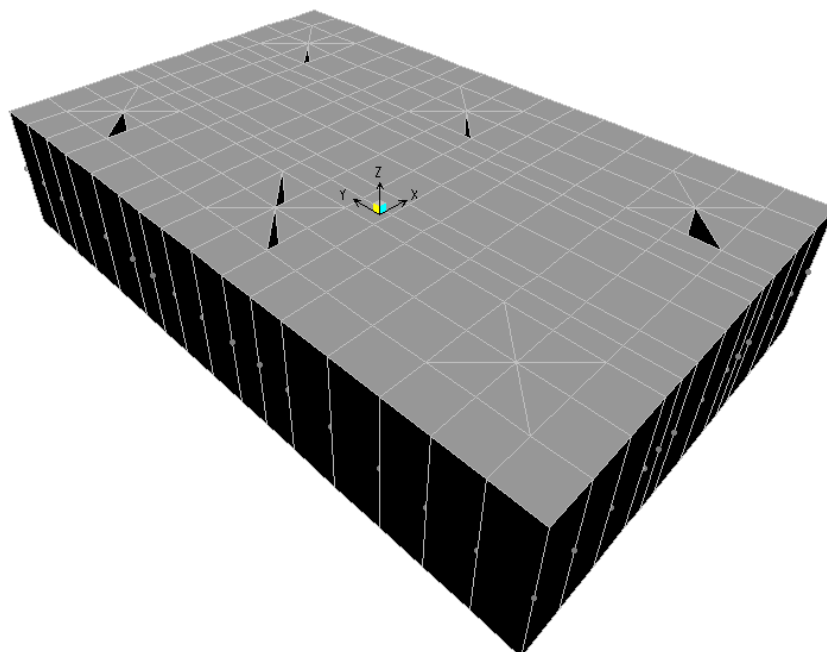


Figura 8-2 - Modello di calcolo del plinto.

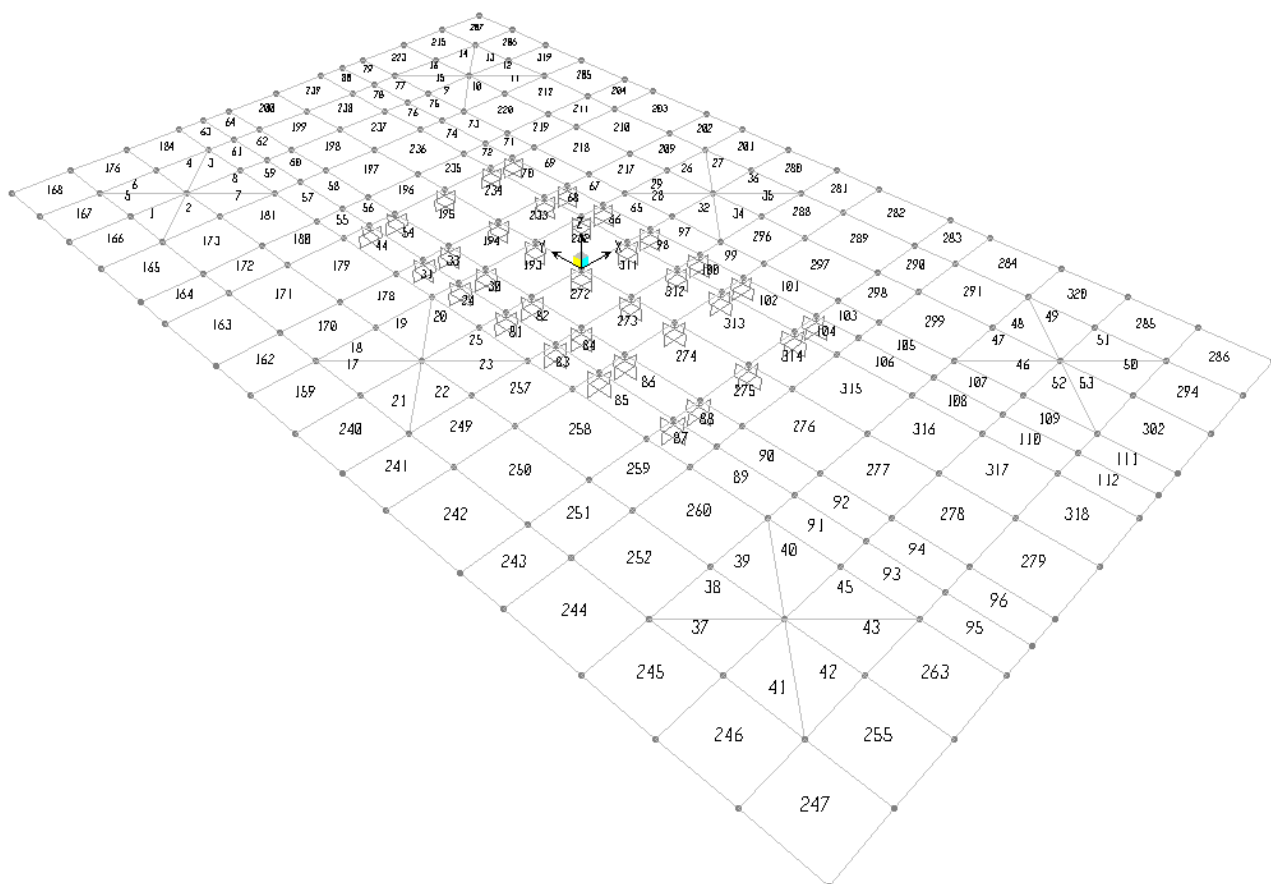


Figura 8-3 - Modello numerico con numerazione degli elementi shell.

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 90 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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 **P05 carreggiata DX**, 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
P05	1	4922	4784	5732	5593	4436	4298	5246	5108	4963	4824	5772	5634	4598
	2	7004	6710	6090	5797	7015	6722	6102	5808	6789	6496	5876	5583	6798
	3	5963	5747	5911	5695	5726	5510	5674	5458	5876	5660	5824	5608	5698
	4	4473	4687	5386	5600	3989	4203	4901	5115	4226	4440	5138	5352	3862
	5	6555	6614	5744	5803	6567	6627	5757	5816	6052	6111	5242	5301	6062
	6	5514	5650	5565	5702	5278	5415	5329	5466	5139	5275	5190	5327	4962

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
P05	1	4460	5408	5270	4814	4676	5624	5486	4450	4312	5260	5121	4551
	2	6505	5885	5591	6651	6357	5737	5444	6659	6366	5746	5453	6947
	3	5483	5646	5431	5733	5517	5681	5465	5555	5339	5503	5287	5749
	4	4076	4775	4989	4364	4578	5277	5491	4001	4215	4914	5128	4068
	5	6121	5252	5311	6201	6260	5390	5449	6210	6269	5400	5459	6464
	6	5099	5013	5150	5282	5419	5334	5470	5106	5242	5157	5293	5266

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
P05	1	4413	5901	5762	4187	4049	5536	5398	4867	4637	5677	5446	4503
	2	6653	5424	5131	6956	6662	5433	5140	6740	6251	5827	5338	6749
	3	5533	5663	5447	5571	5355	5485	5269	5804	5444	5752	5392	5626
	4	4282	5590	5804	3705	3919	5226	5440	4301	4658	5214	5571	3938
	5	6523	5113	5172	6473	6533	5123	5182	6174	6273	5364	5462	6184
	6	5403	5351	5488	5089	5226	5175	5311	5238	5465	5289	5517	5061

PILA	PALO	SLU-38	SLU-39	SLU-40	SLV-1	SLV-2	SLV-3	SLV-4	SLV-5	SLV-6
P05	1	4272	5313	5082	4257	4161	3587	3491	3780	3684
	2	6260	5835	5346	4670	4467	4452	4248	4172	3968
	3	5266	5574	5214	4464	4314	4019	3869	3976	3826
	4	4295	4851	5207	2493	2641	2710	2858	3051	3200
	5	6282	5373	5472	2906	2947	3575	3616	3443	3484
	6	5288	5112	5340	2699	2794	3142	3237	3247	3342

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
P05	1	3786	3670	3966	3850	3607	3492	3787	3672
	2	4700	4455	4497	4252	3088	2843	2885	2640
	3	4243	4063	4231	4051	3347	3168	3336	3156
	4	3467	3645	3670	3848	3289	3468	3492	3671
	5	4381	4430	4201	4250	2770	2819	2590	2639
	6	3924	4038	3935	4049	3030	3143	3041	3155

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 91 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

PILA	PALO	SLEp1	SLEp2
P05	1	3642	3546
	2	3775	3571
	3	3708	3559
	4	3360	3508
	5	3493	3534
	6	3426	3521

**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
P05	1	3606	3490	4146	4030	3427	3312	3967	3852
	2	4903	4658	4294	4049	3291	3046	2682	2437
	3	4254	4074	4220	4040	3359	3179	3324	3144
	4	3264	3442	3872	4051	3087	3265	3695	3873
	5	4561	4610	4021	4070	2950	2999	2410	2459
	6	3912	4026	3947	4060	3018	3132	3052	3166

**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.

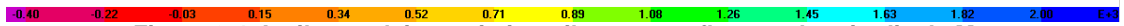
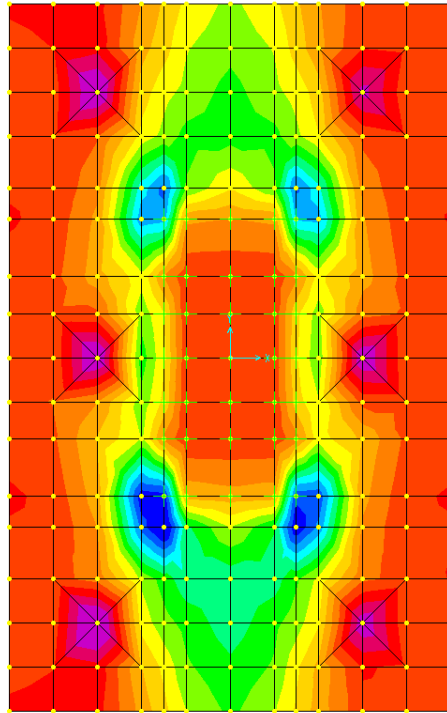


Figura 8-4: Involuppo dei massimi per il momento flettente longitudinale  $M_{11}$

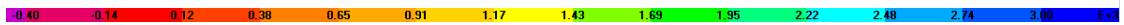
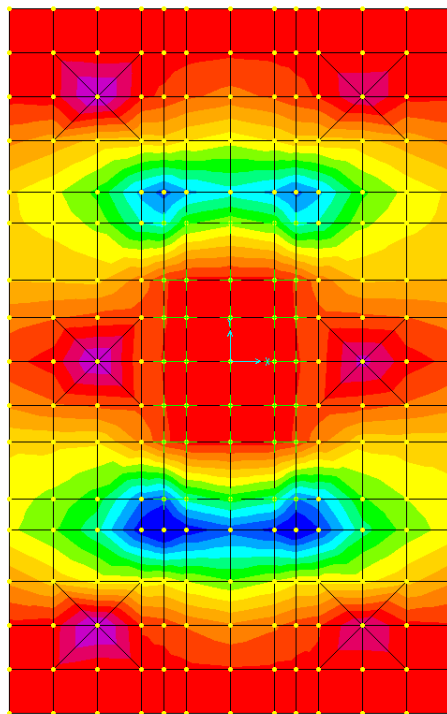


Figura 8-5: Involuppo dei massimi per il momento flettente trasversale  $M_{22}$

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 93 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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		
Momento trasversale M22			[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]			
Arm-inf	10	Φ 26	53.1	3207	5015	1.56	OK	momento trasversale Mx+=M22
Arm-sup	5	Φ 22	19.0	136	1808	13.29	OK	momento trasversale Mx-=M22-
Momento longitudinale M11								
Arm-inf	10	Φ 22	38.0	2134	3603	1.69	OK	momento longitudinale My+=M11+
Arm-sup	5	Φ 22	19.0	252	1808	7.17	OK	momento longitudinale My-=M11-

L'armatura inferiore posta in direzione trasversale è costituita da barre Ø22/10, mentre l'armatura superiore è costituita da Ø22/20. L'armatura inferiore posta in direzione longitudinale è costituita da barre Ø26/10, mentre l'armatura superiore è costituita da Ø22/20.

### 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)

sezione di verifica	plinto	plinto		
corrispondente a	V13max	V23max		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	= 2560	2700	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 <sub>ck</sub>	= 30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	= 25.0	25.0	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	= 1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	= 0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	= 14.2	14.2	MPa	resistenza di calcolo a compressione
γ <sub>s</sub>	= 1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	= 450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	= 391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
A <sub>sl</sub>	= 5700.0	7209.0	mm <sup>2</sup>	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 94 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

$\rho_l$	=	0.00228	0.00288		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
$v_{min}$	=	0.3	0.3		
$\sigma_{cp}$	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo
					tensione media di compressione adottata
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.0	MPa	(<=0.2fcd)
$V_{Rd}$	=	675.2	730.2	kN	taglio resistente
check	=	NO	NO		

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

$\emptyset_w$	=	24	24	mm	diametro armatura resistente a taglio
a	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	500	500	mm	interasse armature a taglio
$n_{br}$	=	2.0	2.0		numero bracci armatura trasversale
$A_{sw}$	=	904.78	904.78	mm <sup>2</sup>	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctg $\Theta$ (V)	=	15.2	14.4		
ctg $\Theta$	=	2.5	2.5		
$\Theta$	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
$V_{Rsd}$	=	3903.33	3903.33	kN	taglio resistente armatura
$a_c$	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
$f_{cd}$	=	7.08	7.08	MPa	resistenza ridotta
$V_{Rcd}$	=	11156.3	11156.3	kN	taglio resistente calcestruzzo
$V_{Rd}$	=	3903.3	3903.3	kN	taglio resistente sezione
check	=	OK	OK		

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

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

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

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

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



	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My	
	inf	sup	inf	sup
240	20	20	20	20
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>1429</b>	<b>167</b>	<b>2080</b>	<b>87</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 tesò
<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	=	1429.0	167.0	2080.0	87.0	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)

	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
	inf	sup	inf	sup		
e	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione</b>						
A <sub>cls</sub>	= 2500000	2500000	2500000	2500000	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
A <sub>s</sub>	= 5702.0	5702.0	7210.0	7210.0	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id</sub>	= 2.59E+06	2.59E+06	2.61E+06	2.61E+06	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G</sub>	= 1263.2	1236.8	1273.5	1226.5	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id</sub>	= 1.42E+12	1.42E+12	1.46E+12	1.46E+12	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id</sub>	= 742.3	742.3	747.3	747.3	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc.s</sub>	= 817.7	800.5	818.2	788.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione</b>						
A <sub>cls,t</sub>	= -	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A <sub>s</sub>	= -	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id,t</sub>	= -	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G,t</sub>	= -	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id,t</sub>	= -	-	-	-	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id,t</sub>	= -	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc.i</sub>	= -	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
<b>Comportamento sezione</b>						
	parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
<b>Caratteristiche sezione parzializzata</b>						
Y <sub>n</sub>	= 452.58	305.26	528.07	291.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J <sub>n</sub>	= 2.63E+11	1.44E+11	3.50E+11	1.46E+11	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione parzializzata
S <sub>n</sub>	= 0.00	0.00	0.00	0.00	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
f(Y <sub>n</sub> )=0	= -	-	-	-		
<b>Tensioni nei materiali</b>						
σ <sub>c</sub>	= -2.46	-0.35	-3.14	-0.17	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ <sub>s</sub>	= 162.8	37.2	171.4	19.3	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
<b>Verifica a fessurazione</b>						
M <sub>fess</sub>	= 2462.4	2410.8	2538.1	2444.4	kNm	momento limite di apertura fessure
M <sub>fess</sub> / M	= 1.72	14.44	1.22	28.10		check1
w <sub>max</sub>	= 0.40	0.40	0.40	0.40	mm	valore limite ampiezza fessure

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

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

$\sigma_s$ [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>1143</b>	<b>134</b>	<b>1664</b>	<b>70</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 tesato
<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	= 1143.2	133.6	1664.0	69.6	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>						
$A_{cls}$	= 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
$S_n$	= 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>						
$\sigma_c$	= -1.97	-0.28	-2.51	-0.14	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
$\sigma_s$	= 130.2	29.8	137.1	15.5	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
$M_{fess} / M$	= 2.15	18.05	1.53	35.12		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 99 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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 <sub>ck</sub>	=	<b>25</b>	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>yk</sub>	=	<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 <sub>Edmax</sub>	=	<b>2300</b>	<b>1664</b>	kNm	momento massimo nella combinazione analizzata
σ <sub>c</sub>	=	15.0	11.3	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	<b>3.5</b>	<b>2.5</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		4.35	4.50		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

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

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

σ <sub>s</sub>	=	360.0	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
σ <sub>s,Sd</sub>	=	<b>188.0</b>	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		1.91		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 100 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

### Momento longitudinale M11

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

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

$M_{Edmax}$	=	<b>1550</b>	<b>1143</b>	kNm	momento massimo nella combinazione analizzata	
$\sigma_c$	=	15.0	11.3	[MPa]	massima tensione del cls da normativa	
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>2.7</b> 5.66	<b>2.0</b> 5.77	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio se >1 verifica soddisfatta	VcaSlu
		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>175.0</b> 2.06	[MPa]	tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio 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 DX 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
z	=	<b>9.00</b> m	profondità di calcolo momento flettente
M(z)	=	<b>311.28</b> kNm	momento flettente alla profondità z
V(z)	=	-2.50 kN	taglio a profondità z

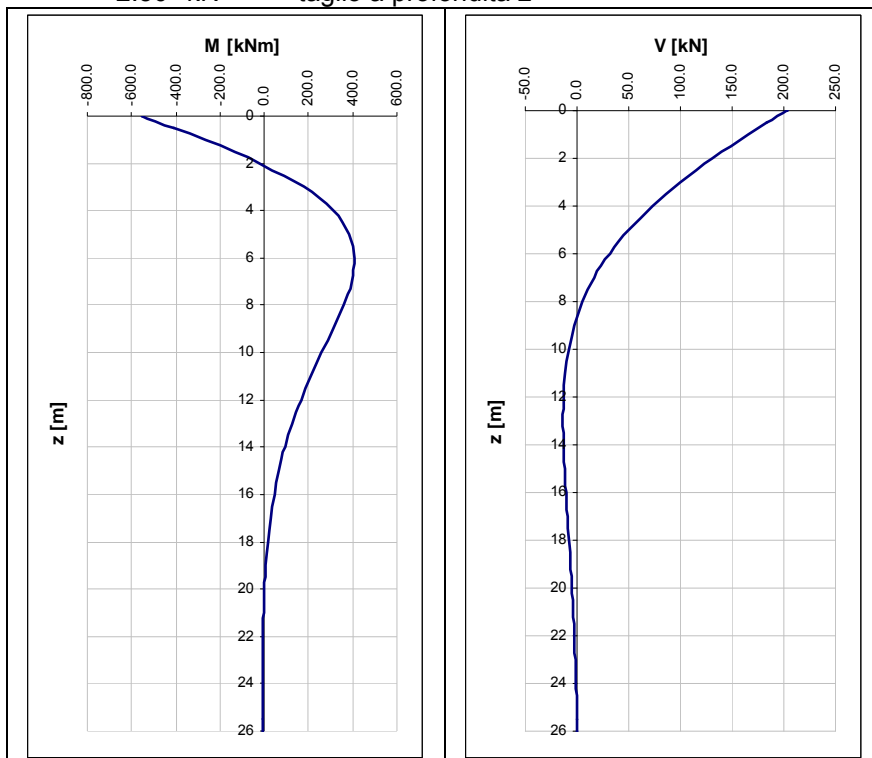


Figura 9-1: Andamento dei momenti flettenti e dei tagli sul palo di fondazione

### 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	2561	2828	5.08	OK
gabbia n.2	9.8	21.8	12	5	22	16	27.5	311	2561	2828	9.09	OK
gabbia n.3	20.7	26	5.3	5	22	16	27.5	1	2561	2828	2828.00	OK

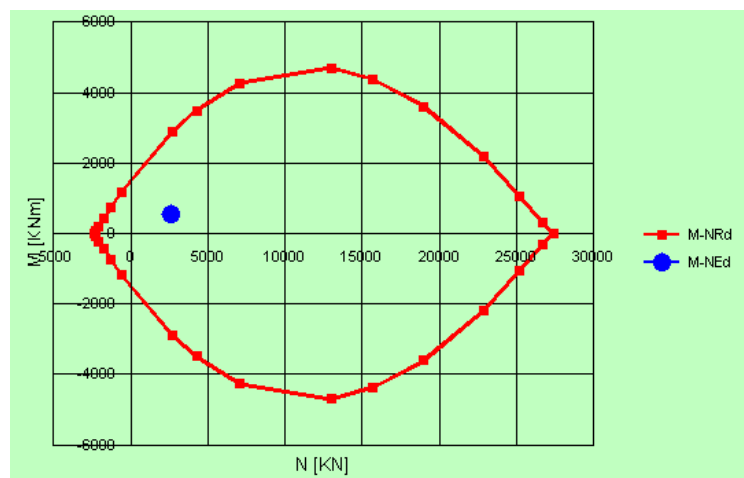


Figura 9-2: Momento resistente del palo di fondazione



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 103 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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  
 $N$  = **2561** 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 104 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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

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

$n$	=	<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	
$\sigma_{cp}$	=	1.449	MPa tensione media calcestruzzo (>0 compressione) tensione media di compressione adottata
$\sigma_{cp,ad}$	=	1.449	MPa (<=0.2fcd)
$V_{Rd}$	=	<b>886.72</b>	kN taglio resistente verificato

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 DX:

#### Sollecitazioni agenti

		combinazione			
		freq	qp		
$L_0$	=	5.51	5.51	m	lunghezza elastica del palo
$N$	=	2293	3058	kN	sforzo assiale
$V$	=	53	44	kN	taglio alla testa del palo
$M_{max}$	=	146	121	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.

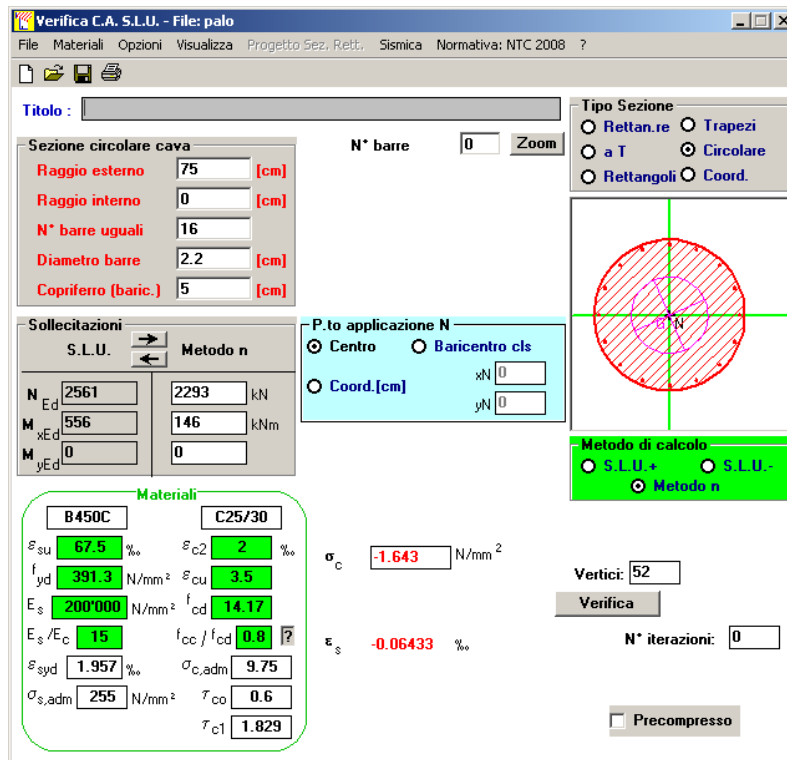


Figura 9-3: Stato sollecitante massimo nella combinazione di carico frequente

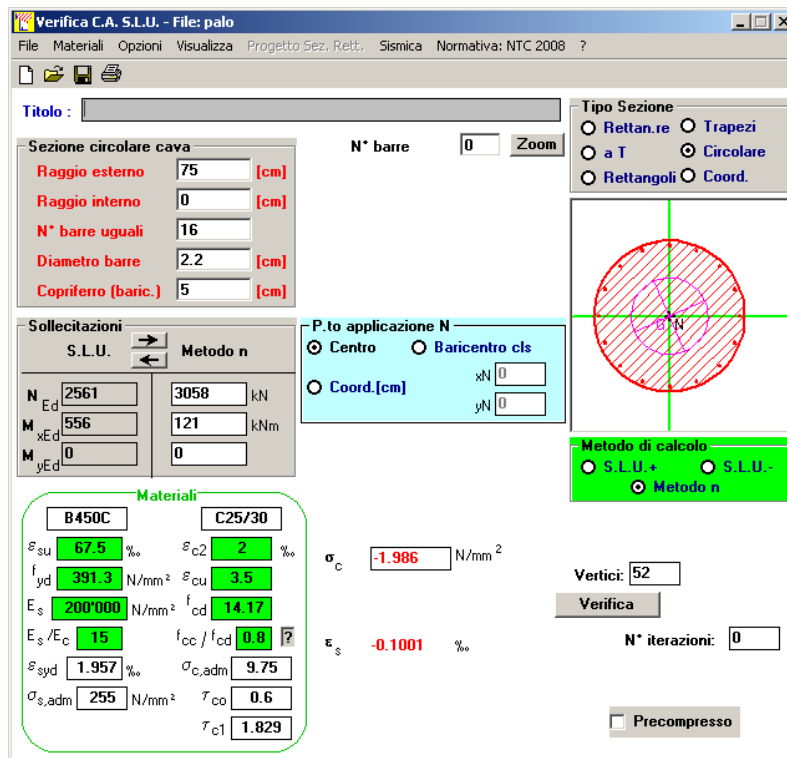


Figura 9-4: Stato sollecitante massimo nella combinazione di carico quasi permanente

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 106 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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  
rara1 qp1

##### Sollecitazioni agenti

L0	=	<b>5.51</b>	5.51	m	lunghezza elastica del palo
N	=	<b>2175</b>	<b>3058</b>	kN	sforzo assiale
V	=	<b>69</b>	<b>44</b>	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	190	121	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>1.70</b>	<b>1.98</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 107 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.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:

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

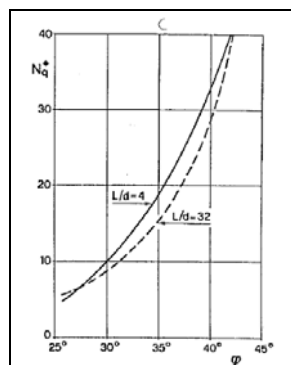
$$s_{lim,d} = k \mu \sigma_{vz}'$$

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. DX**

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRV2a	10	0	10
2° strato	TRV2b	35	10	45

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

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRV2a	10	0	10
2° strato	TRV2b	35	10	45

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

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	33	11	44

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 109 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

**STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 5 - CARR. DX**

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	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 6 - CARR. DX**

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRV1	1	0	1
2° strato	TRV2a	9	1	10
3° strato	TRV2b	35	10	45

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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	$\gamma_{G3}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 110 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(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	$\gamma$	$\gamma_f$	1,0	1,0

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale <sup>(*)</sup>	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

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

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

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

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate. Considerando l'adozione di una sola relazione analitica per la valutazione del carico limite si è assunto il fattore  $\zeta_3$ . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è 6.

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

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

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\zeta_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\zeta_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

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

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite		check dr	check ud
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim d	Qlim u		
	kN	kN	m		m	kN	kN			
Pila1	6227	3785	1.5	6	24	262.42	7585.538	6025.924	ok	ok
Pila2	6633	4117	1.5	6	26	283.89	8550.71	6450.714	ok	ok
Pila3	6438	3868	1.5	6	26	285.32	7968.746	6533.716	ok	ok
Pila4	6744	4378	1.5	6	26	285.32	7954.602	6398.218	ok	ok
Pila5	7015	4670	1.5	6	26	285.08	7969.411	6493.372	ok	ok
Pila6	6611	4318	1.5	6	24	262.66	7584.514	6066.267	ok	ok

#### CARR. DX - Riepilogo dei risultati



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 111 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

### 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 in corrispondenza della lunghezza palo 24 m e della lunghezza palo 26 m.

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

D	=	<b>1.50</b> m	diametro palo
L	=	<b>24.00</b> m	lunghezza palo
$M_y$	=	<b>2200.0</b> kNm	momento di plasticizzazione del palo
$c_u$	=	<b>158.7</b> kPa	coesione non drenata (scalata per il fattore di correlazione)

#### **palo corto**

$Q_{lim,1}$	=	46600.7 kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	611634.6 kNm	momento massimo

#### **palo intermedio**

$Q_{lim,2}$	=	16926.5 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	7.9 m	
$M_{max}$	=	102745.8 kNm	momento massimo

#### **palo lungo**

$Q_{lim,3}$	=	1667.2 kN	carico limite per palo lungo
-------------	---	-----------	------------------------------

MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1667.2 kN	carico limite (valore medio)
$\xi_3$	=	<b>1.50</b>	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1111.5 kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	<b>855.0</b> kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$	=	<b>202.0</b> kN	azione trasversale testa palo
FS		4.23	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Santuzza II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 112 di 112
	Nome file: V110-C-CL006_B.00_relazione_calcolo_Pile_DX.doc

### CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

D	=	<b>1.50</b> m	diametro palo
L	=	<b>26.00</b> m	lunghezza palo
M <sub>y</sub>	=	<b>2600.0</b> kNm	momento di plasticizzazione del palo coesione non drenata (scalata per il fattore di correlazione)
c <sub>u</sub>	=	<b>168.0</b> kPa	

#### **palo corto**

Q <sub>lim,1</sub>	=	53852.7 kN	carico limite per palo corto
M <sub>max</sub>	=	760668.9 kNm	momento massimo

#### **palo intermedio**

Q <sub>lim,2</sub>	=	19770.3 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7 m	
M <sub>max</sub>	=	128072.5 kNm	momento massimo

#### **palo lungo**

Q <sub>lim,3</sub>	=	1941.6 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	1941.6 kN	carico limite (valore medio)
ξ <sub>3</sub>	=	<b>1.50</b>	fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	1294.4 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ <sub>T</sub>	=	1.30	coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	995.7 kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>	=	<b>201.0</b> kN	azione trasversale testa palo
FS		4.95	