

# 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 Arenella I

### Relazione di Calcolo Pile - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 5 5 V I 2 1 2 V I 1 2 C C L 0 0 4 C -

Scala:

F						
E						
D						
C	Ottobre 2011	Rif. Istruttoria prot. CDG-0141142-P del 19/10/11	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
B	Luglio 2011	Revisione a seguito di incontri con il Committente	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
A	Aprile 2011	EMISSIONE	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO
Responsabile del procedimento:			Ing. MAURIZIO ARAMINI			

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

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

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza  
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:





CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 2 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>4</b>
1.1	INTRODUZIONE	4
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	4
1.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
1.3.1	Condizioni ambientali e classi di esposizione	6
1.3.2	Calcestruzzo	7
1.3.3	Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata	8
1.4	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	9
<b>2</b>	<b>ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO</b>	<b>10</b>
2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	10
2.1.1	Calcolo della rigidezza effettiva delle pile	11
2.2	ANALISI DEI CARICHI	11
2.2.1	Peso Proprio (g1)	11
2.2.2	Permanenti portati su impalcato (g2)	11
2.2.3	Effetti del ritiro ( $\epsilon_2$ )	12
2.2.4	Effetti della temperatura ( $\epsilon_3$ )	12
2.2.5	Carichi mobili (q1)	13
2.2.6	Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)	14
2.2.7	Azione di frenatura/accelerazione (q3)	14
2.2.8	Forza centrifuga (q4)	14
2.2.9	Azione di neve, vento (q5)	14
2.2.10	Azione sismica (q6)	15
2.2.11	Resistenza parassita dei vincoli (q7)	19
2.3	RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO	19
<b>3</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>	<b>20</b>
3.1	SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	20
3.1.1	Sollecitazioni nella sezione di base delle pile	21
3.1.2	Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino	22
3.1.3	Sollecitazioni sulla palificata prodotte da peso proprio plinto e terreno di ricoprimento	26
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO	26
3.3	SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	28
3.3.1	Sollecitazioni nella sezione di base delle pile	28
3.3.2	Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino	32
3.3.3	Sollecitazioni sulla palificata	38
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE</b>	<b>52</b>
4.1	S.L.U. – VERIFICA PER TENSIONI NORMALI	52
4.2	S.L.U. – VERIFICA A TAGLIO	54
4.3	S.L.E. – VERIFICA A FESSURAZIONE	56
4.4	S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI	57
<b>5</b>	<b>EFFETTI DEL SECONDO ORDINE</b>	<b>59</b>
5.1	METODO DELLA CURVATURA NOMINALE	59
5.1.1	Valutazione della snellezza	59
5.1.2	Viscosità	60
5.1.3	Momenti flettenti	60
5.1.4	Curvatura	61
5.1.5	Flessione deviata	62
5.2	VERIFICA ALL'INSTABILITÀ	63
5.2.1	Verifica all'instabilità - Momenti di calcolo del secondo ordine	63

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 3 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>6</b>	<b>VERIFICA DEL PULVINO .....</b>	<b>72</b>
6.1	VERIFICA BAGGIOLI .....	74
<b>7</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI .....</b>	<b>76</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>82</b>
8.1	VERIFICHE STRUTTURALI .....	82
8.1.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione .....	83
8.1.2	S.L.U. – Verifica a taglio .....	85
8.1.3	S.L.E. – Fessurazione .....	86
8.1.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni .....	88
<b>9</b>	<b>ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>90</b>
<b>10</b>	<b>VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI .....</b>	<b>90</b>
10.1	CARICO LIMITE VERTICALE .....	91
10.1.1	Criteri di calcolo del carico limite verticale .....	91
10.1.2	Criteri di verifiche .....	93
10.1.3	Risultati .....	95
10.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE .....	95
10.2.1	Criteri di verifica .....	96
10.2.2	Risultati .....	96

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 4 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

# 1 GENERALITÀ

## 1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle pile della carreggiata sinistra del viadotto Arenella I, 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 con raggio di curvatura minimo pari a 1188 m. La carreggiata in esame è composta da 6 campate le cui luci sono riportate in tabella.

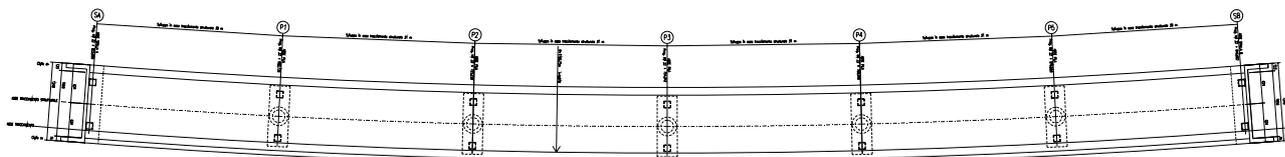
**Tabella 1.1 - Campate carreggiata Sinistra**

<b>Carreggiata SX</b>	
Numero campata	L [m]
1	30.00
2	31.00
3	31.00
4	31.00
5	31.00
6	31.00

L'impalcato viene realizzato con travi a cassoncino in cemento armato precompresso a cavi pretesi, e sovrastante soletta gettata in opera; in asse ad ogni pila sono presenti traversi gettati in opera, che rendono tra loro solidali le travi, varate in semplice appoggio su dispositivi provvisori, realizzando uno schema finale di trave continua a 6 campate.

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da 4 travi a cassoncino, di altezza 1800 mm, disposte ad interasse trasversale di 2.5 m, con larghezza complessiva 12.48 m compresi i cordoli laterali di larghezza 0.75 m ed 1.23 m, e piano viabile di 10.5 m; la soletta ha uno spessore di 250 mm, al lordo delle predelle che ne sostengono il getto.

La figura seguente riporta la pianta dell'impalcato del viadotto.



**Figura 1.1 - Pianta impalcato.**

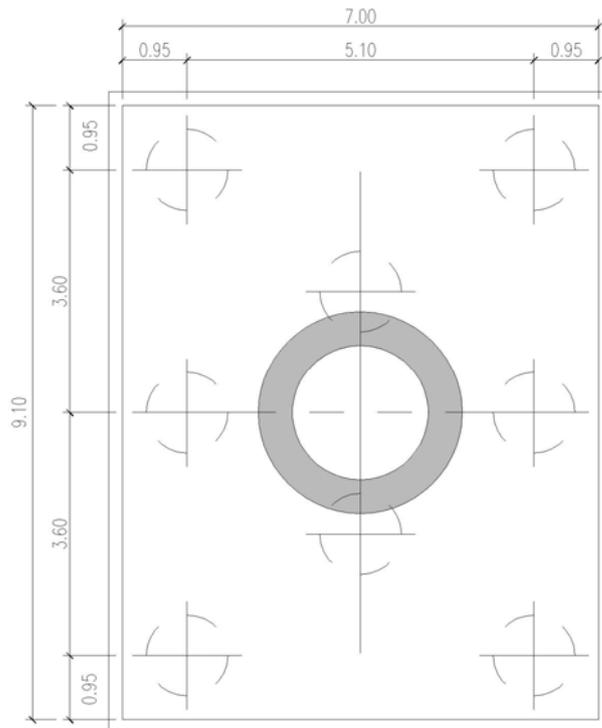
Le pile sono realizzate in c.a. Il fusto presenta sezione circolare cava, con raggio esterno pari a 1.50 m e raggio interno pari a 1.00 m; il pulvino è di forma trapezoidale con altezza complessiva di 1.50 m e dimensioni in pianta 3.20 x 9.70 m.

**Tabella 1.2 - Altezza Pile.**

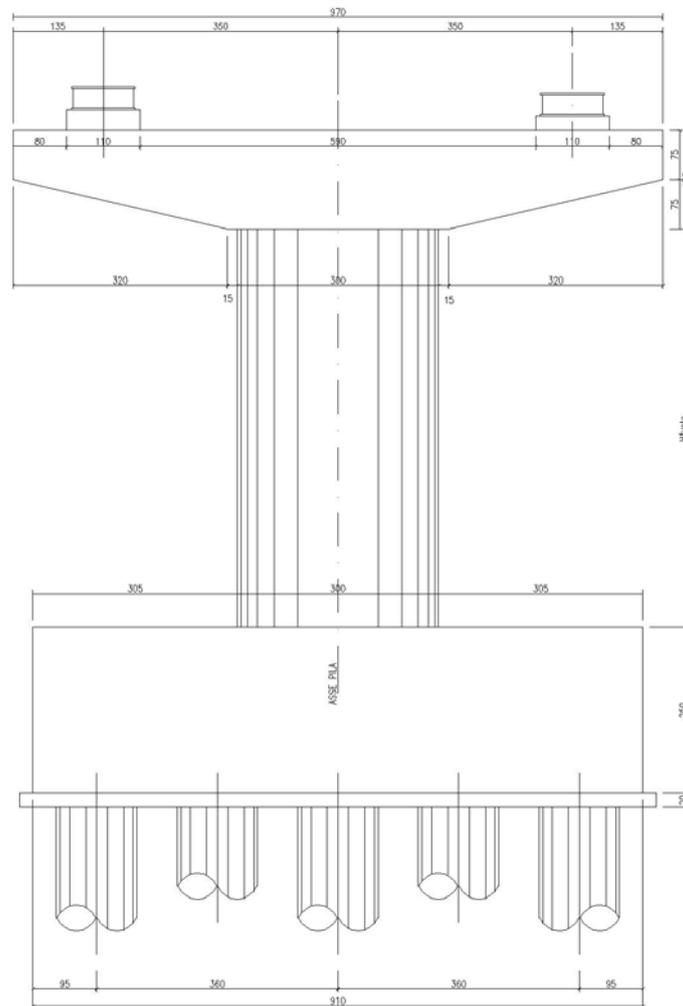
<b>CARREGGIATA SX</b>			
PILA	H <sub>fusto</sub> [m]	H <sub>pulvino</sub> [m]	H [m]
P01	3.00	1.5	4.50
P02	8.50	1.5	10.00
P03	10.00	1.5	11.50
P04	6.00	1.5	7.50
P05	3.00	1.5	4.50

Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro. In particolare la palificata è costituita da 8 pali di diametro Ø1200 mm, posti ad interasse di 3.60 m. I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50m a pianta rettangolare di dimensioni 7.00m×9.10m

Nelle seguenti figure si illustra la geometria delle pile della carreggiata sinistra attraverso la pianta spiccato e una sezione trasversale.



**Figura 1.2 - Pianta fondazioni pile.**



**Figura 1.3 - Prospetto trasversale pila**

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.

## **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: XA2;
- zattere pile: XA2;
- elevazione pile e pulvini: XF2;
- baggioli: XF2;
- soletta impalcato, cordoli e marciapiedi: XC4.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 7 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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 C32/40

$R_{ck}$	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	41.2	MPa	resistenza cilindrica media
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\gamma_c$	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd}$	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctm}$	=	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk}$	=	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$c$	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
$f_{ctd}$	=	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
$f_{cfm}$	=	2.60	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	33643	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XA2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

#### Calcestruzzo ZATTERE C32/40

$R_{ck}$	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	41.2	MPa	resistenza cilindrica media
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\gamma_c$	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd}$	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctm}$	=	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk}$	=	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$c$	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
$f_{ctd}$	=	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
$f_{cfm}$	=	2.60	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	33643	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XA2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

#### Calcestruzzo ELEVAZIONE C25/30

$R_{ck}$	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\gamma_c$	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd}$	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 8 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$f_{ctm}$	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk}$	=	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$c$	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
$f_{ctd}$	=	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
$f_{cfm}$	=	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

#### Calcestruzzo BAGGIOLI C25/30

$R_{ck}$	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\gamma_c$	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd}$	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctm}$	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk}$	=	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$c$	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
$f_{ctd}$	=	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
$f_{cfm}$	=	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF2				classe di esposizione
S4				classe di consistenza

### 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
$(f_t/f_y)_k$	≥	1.15		
$(f_t/f_y)_k$	<	1.35		
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\sigma_s$	=	360.0	MPa	massima tensione in esercizio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 9 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## 1.4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 10 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## 2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

### 2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

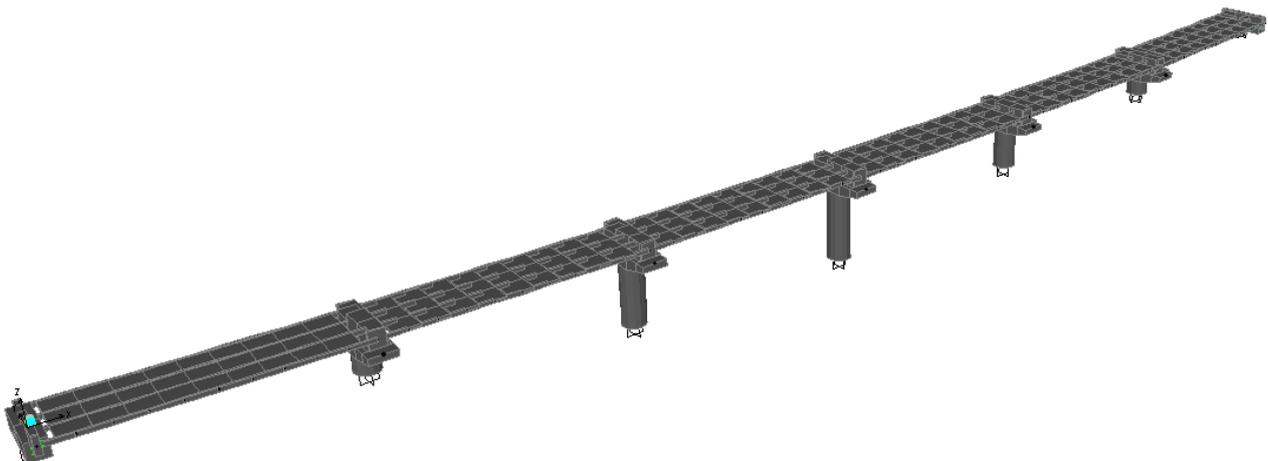


Figura 2.1: Modello numerico carreggiata SX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 11 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc



Figura 2.2: Modello agli elementi finiti della Pila

### 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 (comprehensive di soletta), dei trasversi e delle pile viene fatto calcolare automaticamente dal codice di calcolo assumendo un peso specifico del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

### 2.2.2 Permanenti portati su impalcato (g2)

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

#### Permanenti portati (g<sub>2</sub>)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 12 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

	carico unitario [kPa]	larghezza [m]	carico lineare [kN/m]		
G <sub>2.1.sxD</sub>	2.50	2.99	7.48	kN/m	pavimentazione lato trave sx D
G <sub>2.1.sxC</sub>	2.50	2.50	6.25	kN/m	pavimentazione lato trave sx C
G <sub>2.1.dxB</sub>	2.50	2.50	6.25	kN/m	pavimentazione lato trave dx B
G <sub>2.1.dxA</sub>	2.50	2.51	6.28	kN/m	pavimentazione lato trave dx A
G <sub>2.3.sxD</sub>	-	-	1.00	kN/m	guard-rail sx
G <sub>2.3.dxA</sub>	-	-	1.00	kN/m	guard-rail dx
G <sub>2.4.dxA</sub>	-	-	1.50	kN/m	barriera dx
G <sub>2.5.sxD</sub>	-	-	1.00	kN/m	veletta sx
G <sub>2.5.dxA</sub>	-	-	1.00	kN/m	veletta dx
G <sub>2</sub>			31.75	kN/m	permanente portato totale
G <sub>2.sxD</sub>			9.48	kN/m	permanente portato su trave sx D
G <sub>2.sxC</sub>			6.25	kN/m	permanente portato su trave sx C
G <sub>2.dxB</sub>			6.25	kN/m	permanente portato su trave dx B
G <sub>2.dxA</sub>			9.78	kN/m	permanente portato su trave dx A

### 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 ( $e_2$ )

	TRAV-bordo	TRAV-cen		
$\epsilon_{sh}$	= 0.00030	0.00030		deformazione da ritiro
$E^*_c$	= 11214	11214	MPa	modulo elastico ridotto cls per fenomeni viscosi
$\sigma_{sh}$	= 3.36	3.36	MPa	trazione nel calcestruzzo
$A_c$	= 0.93	0.625	m <sup>2</sup>	area conglomerato
$N_{sh}$	= 3112	2103	kN	trazione nella soletta
$e$	= 0.53	0.6323	m	eccentricità soletta rispetto al baricentro della sezione composta
$M_{sh}$	= 1649	1330	kN*m	momento flettente nella trave
$N_{rt}$	= 3112	2103	kN	compressione su ciascuna trave
$M_{rt}$	= 1649	1330	kN*m	momento flettente su ciascuna trave

### 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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 13 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 2.2.5 Carichi mobili (q1)

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

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

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

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

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

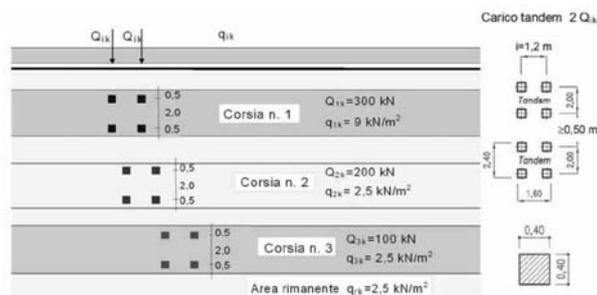
- Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza di 3.00 m.

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

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

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

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



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 kN/m<sup>2</sup> agente sui due marciapiedi. Lo schema di carico 5 deve inoltre essere considerato al 100% come alternativa allo schema 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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 14 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 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)

$w_1$	=	3.00 m	larghezza corsie convenzionali
$Q_{1k}$	=	300 kN	singolo asse Q1k
$q_{1k}$	=	9 kPa	carico uniformemente distribuito
$L$	=	184 m	lunghezza del viadotto
$Q_3$	=	857 kN	forza di frenatura (accelerazione) sull'intero viadotto
$q_{3l}$	=	1.16 kN/m	azione di frenatura per unità di lunghezza su singola trave

### 2.2.8 Forza centrifuga (q4)

#### Azione centrifuga (q4)

$R$	=	1188 m	raggio della curva
$Q_v$	=	1200.00 kN	carico totale dovuto agli assi tandem
$Q_4$	=	40.40 kN	azione centrifuga
$L$	=	184 m	lunghezza tratto in curva
$q_4$	=	0.05 kN/m	azione centrifuga distribuita

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

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

#### Azione del vento (q5)

##### Vento su impalcato

zona	=	4	sicilia
$v_{b,0}$	=	28 m/s	
$a_0$	=	500 m	
$k_a$	=	0.02 1/s	
$a_s$	=	356 m	altitudine del sito
$v_b$	=	28 m/s	velocità di riferimento
$\rho$	=	1.25 kg/m <sup>3</sup>	densità dell'aria
$q_b$	=	0.490 kN/m <sup>2</sup>	pressione cinetica di riferimento
	=	D	classe di rugosità del terreno
$c_t$	=	1	coefficiente di topografia
	=	II	categoria di esposizione del sito

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 15 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$k_r$	=	0.19		
$Z_0$	=	0.05	m	
$Z_{min}$	=	4.00	m	
$Z$	=	15.50	m	altezza sul suolo (massima)
$C_e$	=	2.64		coefficiente di esposizione
$C_p$	=	1		coefficiente di forma
$C_d$	=	1		coefficiente dinamico
$p$	=	1.29	kN/m <sup>2</sup>	pressione del vento
$H_{vc}$	=	3.00	m	altezza veicolo convenzionale
$H_{imp}$	=	2.05	m	altezza impalcato
$H_{vento}$	=	5.05	m	altezza superficie di spinta
$F_{vento}$	=	6.53	kN/m	azione del vento su impalcato
$Y_G$	=	1.37	m	distanza da intradosso baricentro impalcato
$e$	=	1.16	m	eccentricità dell'azione del vento
$M_{vento}$	=	7.54	kNm/m	coppia torcente
$d_b$	=	2.50	m	interasse travi
$J_y$	=	66.96	m <sup>4</sup>	momento di inerzia impalcato
$q_{5v,D-A}$	=	0.42	kN/m	azione verticale su travi di bordo
$q_{5v,C-B}$	=	0.14	kN/m	azione verticale su travi centrali
$q_{5h}$	=	1.63	kN/m	azione orizzontale su ciascuna trave
<u>Vento su pile</u>				
$B$	=	3	m	larghezza pila (diametro)
$q_{5,pile}$	=	3.88	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:

Coordinate Piane Gauss Boaga Roma 40		
	Spalla 1	Spalla 2
<b>Longitudine</b>	2438806.1537	2439946.2411
<b>Latitudine</b>	4152311.4798	4154402.0289
<b>Fuso</b>	E	E
Coordinate Geografiche WGS84 GD		
	Spalla 1	Spalla 2
<b>Longitudine</b>	14.0811796	14.0938508
<b>Latitudine</b>	37.5140878	37.5330285
<b>Fuso</b>	E	E

<b>Vita nominale</b>	Vn	50
----------------------	----	----

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 16 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>Classe d'uso</b>		IV
<b>Coefficiente d'uso</b>	Cu	2
<b>Periodo di riferimento per l'azione sismica</b>	Vr	100
<b>Categoria topografica</b>		T1
<b>Profondità piano di posa fondazione</b>	- 3 mt dal p.c.	

Parametri sismici Spalla 1				
SLO				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
60	0.038	2.518	0.277	
SLD				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
101	0.046	2.497	0.317	
SLV				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
949	0.095	2.64	0.493	
SLC				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
1950	0.117	2.725	0.535	

Parametri sismici Spalla 2				
SLO				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
60	0.039	2.514	0.279	
SLD				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
101	0.048	2.49	0.315	
SLV				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
949	0.098	2.631	0.472	
SLC				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
1950	0.119	2.719	0.519	

#### INDAGINI DI RIFERIMENTO

RR16	Coordinate Piane Gauss Boaga Roma 40		
Longitudine	2439769.4500		
Latitudine	4154301.0700		
Fuso	E		
	Coordinate Geografiche WGS84 GD		
Longitudine	14.0918611		
Latitudine	37.5321111		
Fuso	E		

Vs30 (m/sec)	Categoria di suolo
352.80	C

**Punti dello spettro di risposta allo SLV**

**Orizzontale**

**Verticale**

T	$S_e(T)/g$
0.000	0.142
0.215	0.305
0.646	0.305
0.709	0.278
0.773	0.255
0.836	0.236
0.900	0.219
0.963	0.205
1.027	0.192
1.090	0.181
1.154	0.171
1.217	0.162
1.281	0.154
1.344	0.147
1.408	0.140
1.471	0.134
1.535	0.129
1.598	0.123
1.662	0.119
1.725	0.114
1.788	0.110
1.852	0.107
1.915	0.103
1.979	0.100
2.075	0.091
2.171	0.083
2.268	0.076
2.364	0.070
2.460	0.064
2.556	0.060
2.653	0.055
2.749	0.052
2.845	0.048
2.941	0.045
3.038	0.042
3.134	0.040
3.230	0.037
3.326	0.035
3.423	0.033
3.519	0.032
3.615	0.030
3.711	0.028
3.808	0.027
3.904	0.026
4.000	0.024

T	$S_e(T)/g$
0.000	0.039
0.050	0.104
0.150	0.104
0.235	0.066
0.320	0.049
0.405	0.038
0.490	0.032
0.575	0.027
0.660	0.024
0.745	0.021
0.830	0.019
0.915	0.017
1.000	0.016
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	0.005
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 allo SLC**

**Orizzontale**

**Verticale**

T	$S_e(T)/g$
0.000	0.173
0.228	0.386
0.685	0.386
0.751	0.352
0.816	0.324
0.882	0.300
0.947	0.279
1.013	0.261
1.078	0.245
1.144	0.231
1.209	0.218
1.275	0.207
1.340	0.197
1.406	0.188
1.471	0.180
1.537	0.172
1.602	0.165
1.668	0.158
1.734	0.152
1.799	0.147
1.865	0.142
1.930	0.137
1.996	0.132
2.061	0.128
2.153	0.117
2.246	0.108
2.338	0.100
2.430	0.092
2.523	0.086
2.615	0.080
2.707	0.074
2.800	0.069
2.892	0.065
2.984	0.061
3.077	0.058
3.169	0.054
3.261	0.051
3.354	0.048
3.446	0.046
3.538	0.043
3.631	0.041
3.723	0.039
3.815	0.037
3.908	0.036
4.000	0.034

T	$S_e(T)/g$
0.000	0.053
0.050	0.144
0.150	0.144
0.235	0.092
0.320	0.068
0.405	0.053
0.490	0.044
0.575	0.038
0.660	0.033
0.745	0.029
0.830	0.026
0.915	0.024
1.000	0.022
1.094	0.018
1.188	0.015
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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 19 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

La massa delle pile è computata automaticamente dal programma di calcolo, una volta definite le caratteristiche geometriche delle sezioni e la densità del materiale (quest'ultima assunta pari a 2500 kg/m<sup>3</sup>). La massa dell'impalcato (comprensiva del peso proprio della carpenteria metallica, del peso della soletta e dei permanenti portati) è stata attribuita alle due travi principali come una massa per unità di lunghezza di valore 6.08 kN/m per le travi della carreggiata SX.

Sono stati considerati 55 modi di vibrare per la carreggiata SX. Tale numero è risultato sufficiente ad eccitare in ciascuna delle tre direzioni del sisma una massa superiore allo 85% della massa totale. Le tre componenti x, y e z dell'azione sismica (rispettivamente longitudinale, trasversale e verticale) sono state combinate come di seguito:

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

### 2.2.11 Resistenza parassita dei vincoli (q7)

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

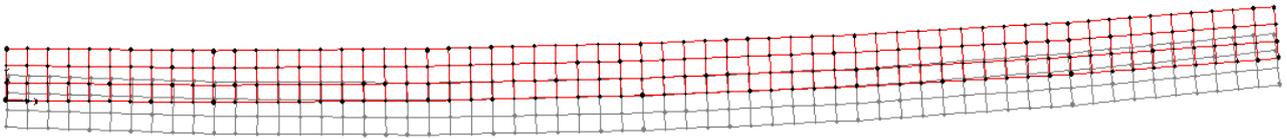
## 2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

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

Tabella 2.1: Periodi di vibrazione della struttura

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	2.006483	0.49838	3.1314	9.8059
MODAL	Mode	2	1.97843	0.50545	3.1758	10.086
MODAL	Mode	3	1.708406	0.58534	3.6778	13.526
MODAL	Mode	4	0.853695	1.1714	7.36	54.169
MODAL	Mode	5	0.38435	2.6018	16.348	267.24
MODAL	Mode	6	0.273382	3.6579	22.983	528.23
MODAL	Mode	7	0.253793	3.9402	24.757	612.92
MODAL	Mode	8	0.221716	4.5103	28.339	803.1
MODAL	Mode	9	0.219631	4.5531	28.608	818.41
MODAL	Mode	10	0.208332	4.8	30.159	909.59
MODAL	Mode	11	0.191617	5.2187	32.79	1075.2
MODAL	Mode	12	0.177212	5.643	35.456	1257.1
MODAL	Mode	13	0.169665	5.894	37.033	1371.4
MODAL	Mode	14	0.162356	6.1593	38.7	1497.7
MODAL	Mode	15	0.158207	6.3208	39.715	1577.3
MODAL	Mode	16	0.152311	6.5655	41.252	1701.8
MODAL	Mode	17	0.149296	6.6981	42.085	1771.2
MODAL	Mode	18	0.148522	6.733	42.305	1789.7
MODAL	Mode	19	0.147285	6.7895	42.66	1819.9
MODAL	Mode	20	0.140823	7.1011	44.618	1990.7

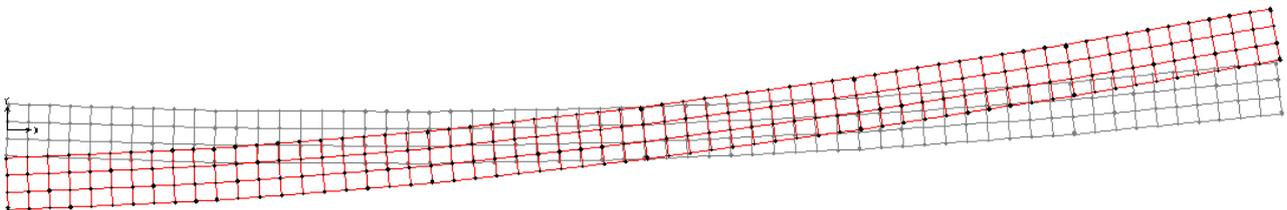
La risposta sismica del viadotto, avendo utilizzato l'analisi modale, è descritta dai suoi modi di vibrare. A titolo esemplificativo si riportano i primi modi di vibrare della carreggiata SX.



**Figura 2.3: Prima forma modale**



**Figura 2.4: Seconda forma modale**



**Figura 2.5: 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 impalcato
- g1-pile = peso proprio pile
- g2 = permanenti portati
- e2 = ritiro
- e3.1 = temperatura (max scarico verticale)
- e3.2 = temperatura (max azione longitudinale)
- q1.1 = carico mobile - massima azione verticale
- q1.2 = carico mobile - massimo momento trasversale
- q3 = frenatura
- q4 = azione centrifuga
- q5-impalcato = vento su impalcato
- q5-pile = vento su pile
- q6.1 = sisma ( $X+0.3Y+0.3Z$ )
- q6.2 = sisma ( $0.3X+Y+0.3Z$ )

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 21 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

- q6.3 = sisma (0.3X+0.3Y+Z)  
q7 = resistenze parassite appoggi

### 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.

**Tabella 3.1: Sollecitazioni base pila**

<b>PILA 01</b>							<b>PILA 02</b>						
H	= 4.5 m			altezza pila			H	= 10 m			altezza pila		
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
g1-impalcato	0	0	6466	88	0	0	0	0	5780	46	0	0	
g1-pile	0	0	1271	0	0	0	0	0	1812	0	0	0	
g2	0	0	1153	33	0	0	0	0	1015	23	0	0	
e2	69	3	616	336	343	1	34	4	156	244	354	0	
e3.1	44	2	252	157	219	-1	21	2	64	140	226	0	
e3.2	125	6	95	21	626	-2	61	7	24	27	645	-1	
q1.1	0	1	3029	3922	1	0	0	7	2965	3538	1	0	
q1.2	0	1	2169	6114	2	0	0	9	2000	5589	2	0	
q3	123	1	0	6	614	1	121	0	0	4	1265	1	
q4	0	5	0	28	1	0	0	6	0	57	1	0	
q5-impalcato	9	171	0	1011	47	-6	5	181	0	1963	47	-3	
q5-pile	0	12	0	26	0	0	0	33	0	142	0	0	
q6.1	584	88	104	472	2922	4	649	103	111	1067	6629	3	
q6.2	176	287	104	1550	882	10	195	343	111	3544	1997	5	
q6.3	175	86	346	466	877	3	195	103	369	1064	1989	2	
q7	76	0	0	0	343	0	68	0	0	0	680	0	
<b>PILA 03</b>							<b>PILA 04</b>						
H	= 11.5 m			altezza pila			H	= 7.5 m			altezza pila		
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
g1-impalcato	0	0	5971	54	0	0	0	0	5783	52	0	0	
g1-pile	0	0	1958	0	0	0	0	0	1567	0	0	0	
g2	0	0	1054	25	0	0	0	0	1016	25	0	0	
e2	0	4	72	242	1	0	34	4	156	268	272	0	
e3.1	0	2	29	146	0	0	22	2	64	142	173	0	
e3.2	0	7	11	37	1	0	62	7	24	10	495	1	
q1.1	0	9	2997	3439	0	0	0	4	2966	3718	0	0	
q1.2	0	13	2070	5450	0	0	0	4	2001	5875	1	0	
q3	119	0	0	1	1432	1	122	0	0	3	975	1	
q4	0	6	0	65	0	0	0	6	0	46	1	0	
q5-impalcato	0	184	0	2224	2	0	4	183	0	1595	36	3	
q5-pile	0	39	0	190	0	0	0	23	0	77	0	0	
q6.1	666	108	113	1253	7743	2	627	98	109	815	4909	3	
q6.2	201	357	113	4152	2337	1	190	321	109	2669	1487	5	
q6.3	200	107	377	1246	2324	1	188	97	363	802	1474	2	
q7	70	0	0	0	808	0	68	0	0	0	510	0	
<b>PILA 05</b>													
H	= 4.5 m			altezza pila									
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz							
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]							

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 22 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

g1-impalcato	0	0	6463	78	0	0
g1-pile	0	0	1270	0	0	0
g2	0	0	1152	31	0	0
e2	69	3	616	325	343	-1
e3.1	44	2	252	152	219	1
e3.2	125	6	95	20	625	2
q1.1	0	1	3029	3904	1	0
q1.2	0	0	2181	6046	2	1
q3	123	1	0	6	614	1
q4	0	5	0	27	1	0
q5-impalcato	10	171	0	976	48	6
q5-pile	0	12	0	23	0	0
q6.1	584	90	104	465	2920	4
q6.2	178	286	104	1481	889	10
q6.3	175	86	346	446	877	3
q7	76	0	0	0	343	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.

La numerazione indica:

LN\_Pi\_DX è l'isolatore destro della Pi-esima pila;

LN\_Pi\_SX è l'isolatore sinistro della Pi-esima pila;

**Tabella 3.2: Sollecitazioni alla testa del pulvino**

TABLE: Element Forces - Links				
Link		P=FZ	V2=FX	V3=FY
Text		KN	KN	KN
LN_P1_DX	01) g1-imp	3220.4212	0.001463	0.00648
LN_P1_DX	02) g2	571.80509	0.000645	0.005908
LN_P1_DX	03) e2	257.3621	34.46757	1.679513
LN_P1_DX	04) e3.1	52.749695	21.9746	1.106009
LN_P1_DX	05) e3.2	79.178397	48.01068	2.427867
LN_P1_DX	06) q1	2108.0521	0.062091	0.432409
LN_P1_DX	07) q1	1173.5765	0.112251	1.82742
LN_P1_DX	08) q3	0.0190581	61.5243	0.602651
LN_P1_DX	09) q4	0.1818766	0.117984	2.628161
LN_P1_DX	10) q5-imp	21.94896	3.848862	85.71204
LN_P1_DX	11) SLC1	70.393426	389.765	59.00028
LN_P1_DX	12) SLC2	77.401322	117.5778	193.3602
LN_P1_DX	13) SLC3	232.41759	116.9832	58.09063
LN_P1_SX	01) g1-imp	3245.5348	0.003654	0.006157
LN_P1_SX	02) g2	581.15314	0.001696	0.005851
LN_P1_SX	03) e2	358.22967	34.22926	1.679547
LN_P1_SX	04) e3.1	73.292134	21.81723	1.106019
LN_P1_SX	05) e3.2	109.88246	47.66508	2.427885
LN_P1_SX	06) q1	1787.2842	0.075079	0.110279
LN_P1_SX	07) q1	206.45662	0.307804	1.934566

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 23 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

LN_P1_SX	08) q3	0.0194184	61.22907	0.602661
LN_P1_SX	09) q4	0.1883114	0.172928	2.628185
LN_P1_SX	10) q5-imp	22.043999	5.644565	85.71284
LN_P1_SX	11) SLC1	71.306208	388.8763	59.00079
LN_P1_SX	12) SLC2	78.070609	117.4631	193.3618
LN_P1_SX	13) SLC3	235.54161	116.7292	58.09112
LN_P2_DX	01) g1-imp	2883.3312	0.000629	0.018923
LN_P2_DX	02) g2	504.34676	0.000274	0.011992
LN_P2_DX	03) e2	119.08573	16.92114	2.026641
LN_P2_DX	04) e3.1	24.429086	10.78819	1.224354
LN_P2_DX	05) e3.2	36.696023	23.57038	2.653052
LN_P2_DX	06) q1	2023.0949	0.037538	3.889619
LN_P2_DX	07) q1	1824.2746	0.060846	5.392702
LN_P2_DX	08) q3	0.0414499	60.4023	0.212734
LN_P2_DX	09) q4	0.1832116	0.054357	2.77797
LN_P2_DX	10) q5-imp	9.034755	1.773117	90.50112
LN_P2_DX	11) SLC1	73.552178	382.7129	60.70554
LN_P2_DX	12) SLC2	85.799462	115.4087	201.5022
LN_P2_DX	13) SLC3	241.11896	114.8631	60.47173
LN_P2_SX	01) g1-imp	2896.5887	0.001836	0.019211
LN_P2_SX	02) g2	511.04924	0.000856	0.012042
LN_P2_SX	03) e2	37.12462	16.80217	2.026643
LN_P2_SX	04) e3.1	7.5386037	10.70933	1.224363
LN_P2_SX	05) e3.2	11.253957	23.39711	2.653074
LN_P2_SX	06) q1	1722.0253	0.04281	1.494274
LN_P2_SX	07) q1	81.070405	0.178729	0.889217
LN_P2_SX	08) q3	0.0428529	60.10883	0.212735
LN_P2_SX	09) q4	0.1887301	0.084241	2.778006
LN_P2_SX	10) q5-imp	8.7503206	2.749847	90.50232
LN_P2_SX	11) SLC1	74.207799	381.9118	60.70622
LN_P2_SX	12) SLC2	87.050822	115.1642	201.5044
LN_P2_SX	13) SLC3	243.09272	114.6224	60.4724
LN_P3_DX	01) g1-imp	2977.8173	7.39E-05	0.053262
LN_P3_DX	02) g2	523.44085	3.66E-05	0.024076
LN_P3_DX	03) e2	6.3194332	0.028251	2.202672
LN_P3_DX	04) e3.1	1.4099886	0.017822	1.284012
LN_P3_DX	05) e3.2	2.2259434	0.038877	2.766357
LN_P3_DX	06) q1	2029.771	0.00349	5.283107
LN_P3_DX	07) q1	542.44918	0.047908	0.67001
LN_P3_DX	08) q3	0.0270269	59.81197	0.054392
LN_P3_DX	09) q4	0.3645591	0.002216	2.820626
LN_P3_DX	10) q5-imp	2.9915712	0.072087	91.85391
LN_P3_DX	11) SLC1	74.643335	378.9378	61.39581
LN_P3_DX	12) SLC2	87.773983	114.3952	203.3707
LN_P3_DX	13) SLC3	244.42011	113.7405	61.04305
LN_P3_SX	01) g1-imp	2993.607	0.000257	0.053559
LN_P3_SX	02) g2	530.62934	0.000122	0.024128
LN_P3_SX	03) e2	77.936618	0.028734	2.202693
LN_P3_SX	04) e3.1	16.068126	0.018947	1.284029

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 24 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

LN_P3_SX	05) e3.2	24.216248	0.041601	2.766396
LN_P3_SX	06) q1	1733.6446	0.008867	2.106532
LN_P3_SX	07) q1	246.91742	0.092337	0.382616
LN_P3_SX	08) q3	0.0281107	59.5191	0.054392
LN_P3_SX	09) q4	0.3746183	0.002563	2.820665
LN_P3_SX	10) q5-imp	2.5627436	0.084082	91.85518
LN_P3_SX	11) SLC1	75.044964	378.1628	61.39649
LN_P3_SX	12) SLC2	88.280214	114.1621	203.3729
LN_P3_SX	13) SLC3	245.72211	113.5079	61.04373
LN_P4_DX	01) g1-imp	2884.1833	0.000413	0.000859
LN_P4_DX	02) g2	504.40287	0.000174	0.000947
LN_P4_DX	03) e2	120.70325	17.05922	1.893778
LN_P4_DX	04) e3.1	24.677349	10.87675	1.200777
LN_P4_DX	05) e3.2	36.984593	23.76404	2.621351
LN_P4_DX	06) q1	2047.4536	0.02594	2.235784
LN_P4_DX	07) q1	254.09715	0.035197	2.25757
LN_P4_DX	08) q3	0.0026394	61.10252	0.196564
LN_P4_DX	09) q4	0.0986837	0.05369	2.804651
LN_P4_DX	10) q5-imp	18.805921	1.75096	91.42313
LN_P4_DX	11) SLC1	73.247252	387.0714	62.14574
LN_P4_DX	12) SLC2	84.915477	117.1044	203.3993
LN_P4_DX	13) SLC3	240.24266	116.2029	61.11356
LN_P4_SX	01) g1-imp	2898.9492	0.002163	0.000571
LN_P4_SX	02) g2	511.56066	0.001009	0.000997
LN_P4_SX	03) e2	35.542379	16.94599	1.893782
LN_P4_SX	04) e3.1	7.3002707	10.80026	1.200787
LN_P4_SX	05) e3.2	10.983028	23.59553	2.621374
LN_P4_SX	06) q1	1734.2066	0.049645	0.627964
LN_P4_SX	07) q1	723.14597	0.156346	0.277458
LN_P4_SX	08) q3	0.002399	60.80845	0.196565
LN_P4_SX	09) q4	0.1023922	0.084172	2.804688
LN_P4_SX	10) q5-imp	18.845284	2.748244	91.42431
LN_P4_SX	11) SLC1	73.583887	386.2288	62.14642
LN_P4_SX	12) SLC2	85.485384	117.0112	203.4015
LN_P4_SX	13) SLC3	241.28303	115.9634	61.11422
LN_P5_DX	01) g1-imp	3220.3729	0.001252	0.005739
LN_P5_DX	02) g2	571.86635	0.000551	0.004593
LN_P5_DX	03) e2	258.94568	34.40938	1.712784
LN_P5_DX	04) e3.1	53.034809	21.93796	1.117938
LN_P5_DX	05) e3.2	79.565864	47.93079	2.450922
LN_P5_DX	06) q1	2103.0353	0.053239	0.669868
LN_P5_DX	07) q1	238.04155	0.06805	0.692441
LN_P5_DX	08) q3	0.0316184	61.52303	0.632717
LN_P5_DX	09) q4	0.0479379	0.118707	2.623706
LN_P5_DX	10) q5-imp	17.307891	3.872066	85.55826
LN_P5_DX	11) SLC1	69.990886	389.5444	60.60212
LN_P5_DX	12) SLC2	72.963116	118.3421	192.578
LN_P5_DX	13) SLC3	232.31816	116.9861	58.01219
LN_P5_SX	01) g1-imp	3242.7281	0.003806	0.005416
LN_P5_SX	02) g2	580.5891	0.001762	0.004535

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 25 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

LN_P5_SX	03) e2	356.69953	34.17327	1.712816
LN_P5_SX	04) e3.1	73.01958	21.7812	1.117947
LN_P5_SX	05) e3.2	109.51548	47.58626	2.450938
LN_P5_SX	06) q1	1782.7242	0.071408	0.046606
LN_P5_SX	07) q1	940.79388	0.232815	1.242715
LN_P5_SX	08) q3	0.0326454	61.22783	0.632727
LN_P5_SX	09) q4	0.0488646	0.173983	2.62373
LN_P5_SX	10) q5-imp	17.206928	5.679233	85.55904
LN_P5_SX	11) SLC1	70.970973	388.5797	60.60264
LN_P5_SX	12) SLC2	74.772765	118.5161	192.5796
LN_P5_SX	13) SLC3	235.31469	116.7355	58.01267
LN_SpA_DX	01) g1-imp	1126.6828	0.002145	0.0327
LN_SpA_DX	02) g2	200.76579	0.000953	0.014593
LN_SpA_DX	03) e2	251.69198	51.37965	1.222579
LN_SpA_DX	04) e3.1	51.510711	32.75682	0.853106
LN_SpA_DX	05) e3.2	77.233743	71.56797	1.887757
LN_SpA_DX	06) q1	1415.5719	0.045654	0.727741
LN_SpA_DX	07) q1	446.9831	0.167265	2.674151
LN_SpA_DX	08) q3	0.0233657	61.75235	0.650151
LN_SpA_DX	09) q4	0.1104229	0.166066	2.353308
LN_SpA_DX	10) q5-imp	11.10128	5.417631	76.77726
LN_SpA_DX	11) SLC1	16.381752	391.0569	54.92112
LN_SpA_DX	12) SLC2	18.625828	118.1236	176.2713
LN_SpA_DX	13) SLC3	53.859899	117.3839	53.05277
LN_SpA_SX	01) g1-imp	1096.3033	0.004631	0.032658
LN_SpA_SX	02) g2	196.78475	0.002136	0.014586
LN_SpA_SX	03) e2	243.49532	51.05573	1.221932
LN_SpA_SX	04) e3.1	49.891316	32.54419	0.852698
LN_SpA_SX	05) e3.2	74.869875	71.10144	1.886867
LN_SpA_SX	06) q1	1059.5494	0.057407	0.470712
LN_SpA_SX	07) q1	46.252151	0.380374	2.344452
LN_SpA_SX	08) q3	0.0239666	61.45606	0.649308
LN_SpA_SX	09) q4	0.1123959	0.232826	2.353317
LN_SpA_SX	10) q5-imp	11.171573	7.599053	76.77753
LN_SpA_SX	11) SLC1	16.22937	390.111	54.91993
LN_SpA_SX	12) SLC2	18.75096	118.1685	176.2717
LN_SpA_SX	13) SLC3	53.252122	117.1274	53.05278
LN_SpB_DX	01) g1-imp	1126.9737	0.001869	0.02656
LN_SpB_DX	02) g2	200.81868	0.000828	0.011769
LN_SpB_DX	03) e2	251.86792	51.32151	1.327973
LN_SpB_DX	04) e3.1	51.548419	32.72038	0.906022
LN_SpB_DX	05) e3.2	77.291397	71.48855	1.998742
LN_SpB_DX	06) q1	1415.5491	0.040238	0.604705
LN_SpB_DX	07) q1	279.21411	0.102732	1.512223
LN_SpB_DX	08) q3	0.0241478	61.75033	0.750957
LN_SpB_DX	09) q4	0.1059219	0.169209	2.347
LN_SpB_DX	10) q5-imp	10.945844	5.519565	76.55984
LN_SpB_DX	11) SLC1	16.435916	390.729	57.19898
LN_SpB_DX	12) SLC2	18.334828	119.2134	175.2032
LN_SpB_DX	13) SLC3	54.114553	117.3847	52.95931

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 26 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

LN_SpB_SX	01) g1-imp	1096.8017	0.004664	0.026517
LN_SpB_SX	02) g2	196.87004	0.002146	0.011762
LN_SpB_SX	03) e2	243.34296	50.99543	1.327326
LN_SpB_SX	04) e3.1	49.8586	32.50571	0.905614
LN_SpB_SX	05) e3.2	74.819883	71.01733	1.997852
LN_SpB_SX	06) q1	1059.5349	0.059728	0.408318
LN_SpB_SX	07) q1	403.86401	0.28033	1.433832
LN_SpB_SX	08) q3	0.0248557	61.45414	0.750115
LN_SpB_SX	09) q4	0.1084564	0.236248	2.347009
LN_SpB_SX	10) q5-imp	11.034185	7.710642	76.56015
LN_SpB_SX	11) SLC1	16.107792	389.6885	57.19746
LN_SpB_SX	12) SLC2	18.276241	119.6195	175.2038
LN_SpB_SX	13) SLC3	52.921563	117.1329	52.95934

### 3.1.3 Sollecitazioni sulla palificata prodotte da peso proprio plinto e terreno di ricoprimento

Si riportano di seguito le azioni, riferite al baricentro della palificata, prodotte dal peso proprio del plinto di fondazione e dal terreno di ricoprimento.

PILE P01-P02-P03-P04-P05

#### 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	7.00 m	dimensione plinto lungo x
By	9.10 m	dimensione plinto lungo y
Bz	2.50 m	dimensione plinto lungo z
Dz	1.00 m	altezza terreno di ricoprimento

	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	momento longitudinale	Momento trasversale
	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
g1-plinto	0	0	3981	0	0
g2-terreno	0	0	1147	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.

	q1								q3							
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16
g1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
e3.1	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0
e3.2	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72
q1.1	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0
q1.2	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01
q3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
q4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9
q6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
g1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
e2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1	1	1	1	1	1
e3.1	1.2	0	1.2	0	1.2	0	1.2	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0
e3.2	0	1.2	0	1.2	0	1.2	0	1.2	0	0.5	0	0.5	0	0.5
q1.1	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0
q3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0	0	0	0	0	0
q6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
q6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
q7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

	S.L.car								S.L.E.					
	SLE-C1	SLE-C2	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6
g1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3.1	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0
e3.2	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6
q1.1	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 28 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

q1.2	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	-0.75	-0.75
q3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5	0.6	0.6	-0.6	-0.6	0.6	0.6	-0.6	-0.6	0.2	0.2	-0.2	-0.2	0.2	0.2
q6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

	S.L.E.			
	SLE-F7	SLE-F8	SLE-QP1	SLE-QP2
g1	1	1	1	1
g2	1	1	1	1
e2	1	1	1	1
e3.1	0.6	0	0.5	0
e3.2	0	0.6	0	0.5
q1.1	0	0	0	0
q1.2	-0.75	-0.75	0	0
q3	0	0	0	0
q4	0	0	0	0
q5	-0.2	-0.2	0	0
q6.1	0	0	0	0
q6.2	0	0	0	0
q6.3	0	0	0	0
q7	0.6	0.6	0.6	0.6

### 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.

- SLU=combinazione allo stato limite ultime statiche
- SLV=combinazione allo stato limite ultime sismiche
- SLE-C=combinazione allo stato limite di esercizio Caratteristiche
- SLE-F=combinazione allo stato limite di esercizio Frequenti
- SLE-QP=combinazione allo stato limite di esercizio Quasi Permanenti

#### PILA 01

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13
Fx	191	250	174	233	192	250	174	233	375	434	358	417	376
Fy	172	175	-158	-155	172	175	-158	-155	173	176	-156	-153	173
Fz	17011	16897	17011	16897	15850	15737	15850	15737	15989	15875	15988	15875	15118
Mx	6907	6809	5041	4943	9867	9769	8001	7903	5592	5494	3726	3628	7812
My	922	1215	836	1129	923	1216	838	1131	1842	2135	1757	2050	1843

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 29 di 97
	Nome file: VI12-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26
<b>Fx</b>	434	358	417	192	250	175	233	192	250	175	233	197	255
<b>Fy</b>	176	-156	-153	180	182	-150	-147	179	182	-150	-147	282	284
<b>Fz</b>	15005	15118	15005	15989	15875	15988	15875	15118	15005	15118	15005	15989	15875
<b>Mx</b>	7714	5946	5848	5625	5527	3759	3661	7845	7747	5979	5881	6206	6107
<b>My</b>	2136	1758	2051	924	1217	838	1131	925	1218	839	1132	950	1243

	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39
<b>Fx</b>	168	227	197	256	169	227	212	310	195	293	212	310	195
<b>Fy</b>	-268	-265	281	284	-268	-265	173	178	-157	-152	173	177	-157
<b>Fz</b>	15988	15875	15118	15005	15118	15005	16110	15921	16109	15920	15239	15050	15239
<b>Mx</b>	3095	2997	8426	8328	5315	5217	5659	5495	3793	3629	7879	7715	6013
<b>My</b>	808	1100	951	1244	809	1102	1027	1515	941	1429	1028	1516	942

	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLE-C1	SLE-C2	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6
<b>Fx</b>	293	721	761	313	353	312	352	146	195	135	184	146	195
<b>Fy</b>	-152	92	94	292	294	91	93	115	118	-104	-102	114	116
<b>Fz</b>	15050	9736	9657	9736	9657	9978	9899	11929	11834	11928	11834	8030	7935
<b>Mx</b>	5849	1007	939	2085	2017	1001	933	4115	4033	2871	2789	-3412	-3494
<b>My</b>	1430	3580	3784	1540	1744	1536	1739	709	953	652	896	708	952

	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6	SLE-F7	SLE-F8	SLE-QP1	SLE-QP2
<b>Fx</b>	135	184	143	191	139	188	142	191	139	187	136	177
<b>Fy</b>	-106	-103	42	45	-31	-29	41	43	-33	-30	5	7
<b>Fz</b>	8030	7935	11929	11834	11929	11834	8030	7935	8030	7935	9632	9553
<b>Mx</b>	-4657	-4738	3700	3618	3285	3204	-3827	-3909	-4242	-4324	536	467
<b>My</b>	651	895	690	934	671	915	689	933	670	914	659	862

### PILA P02

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13
<b>Fx</b>	121	150	113	142	121	150	113	142	302	331	294	323	302
<b>Fy</b>	209	212	-176	-173	211	215	-174	-170	207	210	-178	-175	209
<b>Fz</b>	15856	15827	15855	15826	14553	14525	14553	14524	14855	14826	14855	14826	13878
<b>Mx</b>	7159	7077	3369	3287	9928	9846	6139	6057	5971	5889	2182	2100	8048
<b>My</b>	1243	1545	1157	1459	1244	1546	1159	1461	3141	3442	3055	3357	3142

	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26
<b>Fx</b>	331	294	323	121	150	113	142	122	150	113	142	124	153
<b>Fy</b>	212	-176	-173	215	218	-170	-167	217	220	-168	-165	335	338
<b>Fz</b>	13850	13878	13849	14855	14826	14855	14826	13878	13850	13878	13849	14855	14827
<b>Mx</b>	7966	4259	4177	6050	5968	2261	2179	8127	8045	4338	4256	7228	7146
<b>My</b>	3444	3056	3358	1245	1547	1159	1461	1246	1548	1160	1462	1271	1573

	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39
<b>Fx</b>	110	139	124	153	110	139	132	179	123	171	132	180	124
<b>Fy</b>	-307	-304	337	340	-305	-302	207	213	-178	-172	209	215	-176
<b>Fz</b>	14854	14826	13879	13850	13878	13849	14886	14838	14885	14837	13909	13861	13909
<b>Mx</b>	912	830	9305	9223	2989	2908	6032	5895	2243	2106	8109	7973	4320
<b>My</b>	1128	1430	1272	1574	1130	1431	1351	1854	1265	1768	1352	1855	1266

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 30 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLE-C1	SLE-C2	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6
<b>Fx</b>	171	734	754	281	301	280	300	90	114	85	109	90	114
<b>Fy</b>	-170	108	111	348	351	108	110	139	142	-118	-115	127	130
<b>Fz</b>	13861	8906	8886	8906	8886	9164	9144	11025	11001	11025	11001	7302	7278
<b>Mx</b>	4183	1451	1394	3928	3871	1447	1390	4314	4246	1788	1720	-2531	-2599
<b>My</b>	1769	7504	7713	2872	3082	2864	3074	926	1178	869	1121	924	1176

	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6	SLE-F7	SLE-F8	SLE-QP1	SLE-QP2
<b>Fx</b>	85	108	88	112	87	110	88	112	86	110	85	105
<b>Fy</b>	-130	-127	54	56	-32	-29	41	44	-44	-41	5	8
<b>Fz</b>	7301	7277	11025	11001	11025	11001	7302	7278	7301	7277	8795	8775
<b>Mx</b>	-5057	-5126	3472	3404	2630	2562	-3373	-3442	-4215	-4284	384	327
<b>My</b>	867	1119	907	1159	888	1140	905	1157	886	1138	875	1084

### **PILA P03**

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13
<b>Fx</b>	63	64	63	63	63	64	63	63	242	243	242	242	242
<b>Fy</b>	220	223	-180	-177	225	228	-175	-172	217	220	-183	-180	220
<b>Fz</b>	16280	16267	16280	16266	15029	15016	15028	15015	15269	15256	15268	15255	14330
<b>Mx</b>	7318	7239	2972	2894	10032	9954	5687	5609	6159	6080	1813	1735	8195
<b>My</b>	730	731	727	727	730	731	727	727	2878	2879	2875	2875	2878

	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26
<b>Fx</b>	243	242	242	63	64	63	63	63	64	63	63	64	64
<b>Fy</b>	224	-180	-176	225	229	-175	-171	229	232	-171	-168	350	354
<b>Fz</b>	14317	14329	14316	15269	15256	15268	15255	14330	14317	14329	14316	15269	15256
<b>Mx</b>	8116	3849	3771	6255	6176	1909	1831	8291	8212	3945	3867	7605	7527
<b>My</b>	2879	2875	2875	730	731	727	727	730	731	727	727	731	732

	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39
<b>Fx</b>	63	63	64	64	63	63	63	64	63	63	63	64	63
<b>Fy</b>	-317	-313	354	357	-313	-310	218	224	-182	-176	221	227	-179
<b>Fz</b>	15268	15255	14331	14317	14329	14316	15283	15261	15282	15260	14344	14322	14344
<b>Mx</b>	363	285	9641	9563	2399	2321	6227	6096	1881	1751	8263	8132	3917
<b>My</b>	726	726	731	732	726	726	730	731	727	728	730	731	727

	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLE-C1	SLE-C2	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6
<b>Fx</b>	63	708	708	243	243	242	242	42	42	42	42	42	42
<b>Fy</b>	-173	114	116	363	366	113	115	146	149	-120	-117	130	132
<b>Fz</b>	14322	9183	9173	9183	9173	9447	9438	11320	11309	11320	11309	7520	7509
<b>Mx</b>	3787	1647	1593	4546	4491	1640	1586	4436	4371	1539	1474	-2231	-2296
<b>My</b>	728	8228	8229	2823	2823	2810	2810	487	487	485	485	487	487

	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6	SLE-F7	SLE-F8	SLE-QP1	SLE-QP2
<b>Fx</b>	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
<b>Fy</b>	-137	-134	57	60	-31	-29	41	44	-48	-45	6	8
<b>Fz</b>	7520	7509	11320	11309	11320	11309	7520	7509	7520	7509	9069	9060
<b>Mx</b>	-5128	-5193	3471	3405	2505	2440	-3197	-3262	-4162	-4228	394	339
<b>My</b>	484	485	486	487	485	486	486	486	485	486	486	486

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 31 di 97
	Nome file: VI12-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### PILA P04

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13
<b>Fx</b>	122	151	114	143	122	151	114	143	305	334	296	325	305
<b>Fy</b>	197	200	-174	-171	197	200	-174	-171	196	200	-175	-171	196
<b>Fz</b>	15532	15504	15532	15503	14230	14201	14230	14201	14531	14502	14531	14502	13554
<b>Mx</b>	7050	6956	4041	3946	9963	9868	6954	6859	5801	5706	2791	2696	7985
<b>My</b>	943	1175	878	1110	945	1176	880	1112	2406	2638	2341	2573	2407

	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26
<b>Fx</b>	334	297	326	122	151	114	143	122	151	114	143	124	153
<b>Fy</b>	199	-175	-172	204	207	-167	-164	204	207	-167	-164	320	323
<b>Fz</b>	13525	13554	13525	14531	14502	14531	14502	13554	13525	13554	13525	14531	14502
<b>Mx</b>	7890	4976	4881	5864	5769	2855	2760	8049	7954	5039	4944	6799	6704
<b>My</b>	2639	2342	2574	945	1177	880	1112	946	1178	881	1113	965	1197

	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39
<b>Fx</b>	111	140	125	154	111	140	132	180	124	172	132	181	124
<b>Fy</b>	-299	-296	319	323	-299	-296	197	202	-174	-169	197	202	-174
<b>Fz</b>	14531	14502	13554	13526	13554	13525	14562	14514	14562	14514	13585	13537	13585
<b>Mx</b>	1783	1688	8983	8889	3968	3873	5864	5706	2854	2696	8048	7890	5039
<b>My</b>	857	1089	966	1198	858	1090	1026	1413	962	1348	1027	1414	962

	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLE-C1	SLE-C2	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6
<b>Fx</b>	172	713	733	276	296	274	294	91	115	85	109	90	115
<b>Fy</b>	-169	103	105	326	329	102	104	132	135	-115	-113	126	129
<b>Fz</b>	13537	8663	8643	8663	8643	8917	8897	10785	10761	10785	10761	7060	7036
<b>Mx</b>	4881	1230	1164	3085	3019	1217	1152	4221	4142	2215	2136	-2974	-3053
<b>My</b>	1349	5574	5735	2152	2313	2139	2300	704	897	661	854	703	896

	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6	SLE-F7	SLE-F8	SLE-QP1	SLE-QP2
<b>Fx</b>	85	109	89	113	87	111	89	113	87	111	86	106
<b>Fy</b>	-121	-119	49	52	-33	-30	44	46	-39	-36	5	7
<b>Fz</b>	7060	7036	10785	10761	10785	10761	7060	7036	7060	7036	8554	8534
<b>Mx</b>	-4980	-5059	3552	3473	2883	2804	-3642	-3721	-4311	-4390	415	350
<b>My</b>	659	853	690	883	675	868	688	881	674	867	665	826

### PILA P05

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13
<b>Fx</b>	191	250	174	232	191	250	174	233	375	434	358	416	375
<b>Fy</b>	172	175	-157	-154	171	174	-158	-155	174	176	-156	-153	172
<b>Fz</b>	17004	16891	17004	16891	15860	15746	15860	15746	15982	15869	15982	15869	15124
<b>Mx</b>	6817	6722	5017	4922	9709	9614	7909	7814	5508	5413	3708	3613	7677
<b>My</b>	921	1213	835	1127	922	1215	836	1129	1841	2134	1755	2048	1843

	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26
<b>Fx</b>	434	358	417	191	250	174	233	192	250	174	233	197	255
<b>Fy</b>	175	-157	-154	179	182	-150	-147	178	181	-151	-148	281	284
<b>Fz</b>	15010	15124	15010	15982	15869	15982	15869	15124	15010	15124	15010	15982	15869
<b>Mx</b>	7582	5878	5783	5539	5444	3739	3644	7708	7613	5908	5813	6099	6004
<b>My</b>	2135	1757	2049	923	1215	837	1129	924	1216	838	1130	950	1242

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 32 di 97
	Nome file: VI12-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>
<b>Fx</b>	168	227	197	255	168	227	212	309	195	292	212	310	195
<b>Fy</b>	-267	-264	280	283	-268	-265	173	178	-156	-151	172	177	-157
<b>Fz</b>	15982	15869	15124	15010	15124	15010	16103	15914	16103	15914	15245	15056	15245
<b>Mx</b>	3099	3004	8268	8173	5268	5174	5572	5414	3772	3614	7741	7583	5941
<b>My</b>	806	1098	951	1243	807	1100	1026	1513	940	1427	1027	1514	941
	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>	<b>SLE-C1</b>	<b>SLE-C2</b>	<b>SLE-C3</b>	<b>SLE-C4</b>	<b>SLE-C5</b>	<b>SLE-C6</b>
<b>Fx</b>	292	720	761	314	354	312	352	146	195	135	184	146	195
<b>Fy</b>	-152	95	97	291	293	91	93	115	118	-104	-101	114	117
<b>Fz</b>	15056	9731	9652	9731	9652	9973	9895	11924	11829	11924	11829	8017	7922
<b>Mx</b>	5783	975	909	1991	1925	956	890	4053	3974	2853	2774	-3409	-3488
<b>My</b>	1428	3578	3781	1546	1749	1535	1738	709	952	651	895	707	951
	<b>SLE-C7</b>	<b>SLE-C8</b>	<b>SLE-F1</b>	<b>SLE-F2</b>	<b>SLE-F3</b>	<b>SLE-F4</b>	<b>SLE-F5</b>	<b>SLE-F6</b>	<b>SLE-F7</b>	<b>SLE-F8</b>	<b>SLE-QP1</b>	<b>SLE-QP2</b>	
<b>Fx</b>	135	183	142	191	139	187	142	191	138	187	136	177	
<b>Fy</b>	-105	-103	42	45	-31	-28	41	44	-32	-29	5	7	
<b>Fz</b>	8017	7922	11924	11829	11924	11829	8017	7922	8017	7922	9627	9548	
<b>Mx</b>	-4609	-4688	3653	3574	3253	3174	-3809	-3888	-4209	-4288	510	444	
<b>My</b>	650	893	690	933	671	914	688	932	669	913	658	861	

### 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.

La numerazione indica:

LN\_Pi\_DX è l'isolatore destro della P0i-esima pila;

LN\_Pi\_SX è l'isolatore sinistro della P0i-esima pila;

#### PILA P01

<b>LN_P1_DX</b>	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	8332	8351	8292	8311	7070	7089	7031	7050	7621	7640	7581	7600
<b>Fx</b>	61	79	54	73	61	80	54	73	153	172	146	165
<b>Fy</b>	81	82	-74	-73	82	83	-72	-71	81	82	-73	-72
<b>V</b>	101	114	91	103	102	115	90	101	173	190	163	180
	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	6674	6693	6635	6654	7621	7640	7581	7600	6675	6694	6635	6654
<b>Fx</b>	153	172	146	165	61	80	54	73	61	80	54	73
<b>Fy</b>	83	84	-72	-71	84	85	-70	-69	86	87	-69	-68
<b>V</b>	174	191	163	179	104	117	88	100	105	118	87	99
	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	7634	7653	7568	7587	6687	6707	6622	6641	7646	7678	7606	7638
<b>Fx</b>	63	82	51	70	63	82	52	70	71	103	64	96
<b>Fy</b>	132	133	-125	-124	133	134	-124	-123	81	83	-73	-72
<b>V</b>	146	156	135	143	147	157	134	142	108	132	98	120

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 33 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
<b>Fz</b>	6700	6731	6660	6692	4127	4140	4133	4146	4244	4257
<b>Fx</b>	71	103	64	96	338	351	134	147	133	146
<b>Fy</b>	82	84	-72	-70	46	47	146	146	45	46
<b>V</b>	109	133	97	119	341	354	198	207	141	153

LN_P1_SX	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
<b>Fz</b>	8'081	8'108	8'042	8'068	5'947	5'974	5'908	5'934	7'478	7'505	7'438	7'465
<b>Fx</b>	62	81	52	70	62	81	52	71	154	172	144	162
<b>Fy</b>	80	81	-74	-73	83	84	-72	-71	81	82	-73	-72
<b>V</b>	101	114	90	102	103	116	89	100	174	191	161	178

	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
<b>Fz</b>	5'878	5'904	5'838	5'864	7'478	7'505	7'439	7'465	5'878	5'904	5'838	5'864
<b>Fx</b>	154	173	144	162	62	81	52	71	62	81	52	71
<b>Fy</b>	83	84	-71	-70	84	85	-70	-69	86	87	-68	-67
<b>V</b>	175	192	161	177	105	117	87	99	106	119	86	98

	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
<b>Fz</b>	7'491	7'518	7'425	7'452	5'891	5'917	5'825	5'851	7'513	7'557	7'474	7'518
<b>Fx</b>	65	84	48	67	66	84	49	67	72	103	62	93
<b>Fy</b>	132	132	-126	-125	133	134	-124	-123	81	82	-74	-72
<b>V</b>	147	157	135	142	149	159	133	140	108	132	96	118

	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
<b>Fz</b>	5'913	5'957	5'873	5'917	4'273	4'291	4'279	4'297	4'392	4'410
<b>Fx</b>	73	104	62	94	337	350	133	146	133	146
<b>Fy</b>	82	84	-72	-70	46	47	146	146	45	46
<b>V</b>	110	133	95	117	340	353	197	207	140	153

### PILA P02

LN_P2_DX	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
<b>Fz</b>	7473	7482	7457	7466	7205	7214	7188	7197	6790	6799	6774	6783
<b>Fx</b>	30	39	27	36	30	39	27	36	120	130	117	126
<b>Fy</b>	90	91	-73	-72	92	93	-71	-70	89	90	-74	-73
<b>V</b>	95	99	78	80	97	101	76	78	150	158	138	146

	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
<b>Fz</b>	6589	6598	6573	6582	6791	6799	6774	6783	6589	6598	6573	6582
<b>Fx</b>	120	130	117	126	30	39	27	36	30	39	27	36
<b>Fy</b>	91	92	-72	-71	93	94	-70	-69	94	95	-68	-67
<b>V</b>	151	159	138	145	98	102	75	78	99	103	73	76

	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
<b>Fz</b>	6796	6805	6769	6778	6594	6603	6567	6576	6802	6817	6786	6801
<b>Fx</b>	31	40	25	35	31	40	25	35	35	50	32	47
<b>Fy</b>	143	144	-128	-127	145	146	-127	-126	89	91	-74	-72
<b>V</b>	146	150	131	132	148	151	129	131	96	104	80	86

	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
--	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 34 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>Fz</b>	6601	6616	6585	6599	3572	3578	3583	3590	3693	3699		
<b>Fx</b>	35	50	32	47	309	316	109	115	108	115		
<b>Fy</b>	91	93	-72	-70	48	48	152	153	48	48		
<b>V</b>	97	105	79	85	313	320	187	191	118	125		
<b>LN_P2_SX</b>	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	6983	6986	6967	6970	4768	4770	4752	4755	6402	6404	6386	6389
<b>Fx</b>	30	40	25	35	31	40	26	35	121	130	116	125
<b>Fy</b>	87	88	-76	-75	86	87	-77	-76	87	88	-76	-75
<b>V</b>	92	96	80	83	91	96	81	83	148	157	138	146
	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	4740	4743	4725	4727	6402	6405	6386	6389	4741	4743	4725	4727
<b>Fx</b>	121	130	116	125	31	40	26	35	31	40	26	35
<b>Fy</b>	86	87	-77	-76	90	92	-72	-71	90	91	-73	-72
<b>V</b>	148	156	139	146	95	100	77	79	95	99	77	80
	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	6407	6410	6381	6383	4745	4748	4719	4722	6405	6410	6390	6394
<b>Fx</b>	32	41	24	33	32	41	24	33	36	51	31	46
<b>Fy</b>	141	142	-131	-130	140	141	-131	-130	87	89	-76	-74
<b>V</b>	144	148	133	134	144	147	134	135	94	102	82	87
	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>		
<b>Fz</b>	4744	4748	4728	4733	3502	3504	3514	3516	3624	3626		
<b>Fx</b>	36	51	31	46	309	315	109	115	108	114		
<b>Fy</b>	86	88	-77	-75	48	48	152	153	48	48		
<b>V</b>	93	102	83	88	312	319	187	191	118	124		

### PILA P03

<b>LN_P3_DX</b>	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	7478	7479	7473	7473	5470	5471	5465	5465	6793	6794	6788	6788
<b>Fx</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	90	90
<b>Fy</b>	93	95	-72	-71	87	88	-78	-77	92	93	-74	-72
<b>V</b>	93	95	72	71	87	88	78	77	128	129	116	115
	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	5287	5288	5282	5282	6794	6794	6788	6789	5288	5288	5282	5283
<b>Fx</b>	90	90	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Fy</b>	87	88	-78	-77	96	97	-69	-68	91	92	-74	-73
<b>V</b>	125	126	119	118	96	97	69	68	91	92	74	73
	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	6795	6796	6786	6787	5289	5290	5280	5281	6794	6795	6788	6789
<b>Fx</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Fy</b>	147	148	-129	-128	142	143	-133	-132	92	94	-73	-71
<b>V</b>	147	148	129	128	142	143	133	132	92	94	73	71
	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>		
<b>Fz</b>	5288	5289	5283	5283	3562	3563	3574	3574	3685	3685		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 35 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>Fx</b>	0	0	0	0	284	284	86	86	85	85		
<b>Fy</b>	88	89	-78	-76	48	49	154	154	48	49		
<b>V</b>	88	89	78	76	288	289	176	177	98	98		
<b>LN_P3_SX</b>	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	7206	7211	7201	7207	5198	5204	5194	5200	6620	6626	6616	6622
<b>Fx</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	89	89	89	89
<b>Fy</b>	89	90	-76	-75	87	88	-78	-77	89	90	-77	-76
<b>V</b>	89	90	76	75	87	88	78	77	126	127	118	117
	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	5115	5121	5111	5116	6621	6627	6616	6622	5116	5122	5111	5117
<b>Fx</b>	89	90	89	89	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Fy</b>	87	88	-79	-77	93	94	-73	-72	91	92	-74	-73
<b>V</b>	125	125	119	118	93	94	73	72	91	92	74	73
	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	6622	6628	6614	6620	5117	5123	5109	5115	6628	6638	6624	6633
<b>Fx</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Fy</b>	144	145	-132	-131	142	143	-134	-133	89	91	-76	-74
<b>V</b>	144	145	132	131	142	143	134	133	89	91	76	74
	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>		
<b>Fz</b>	5123	5133	5118	5128	3665	3669	3676	3680	3788	3792		
<b>Fx</b>	0	0	0	0	284	284	86	86	85	85		
<b>Fy</b>	87	89	-78	-76	48	49	154	154	48	49		
<b>V</b>	87	89	78	76	288	288	176	177	98	98		

#### PILA P04

<b>LN_P4_DX</b>	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	7518	7527	7484	7493	5097	5106	5063	5072	6827	6836	6793	6802
<b>Fx</b>	30	39	27	36	30	39	27	36	122	131	118	128
<b>Fy</b>	88	89	-76	-75	88	89	-76	-75	88	89	-77	-76
<b>V</b>	93	98	81	83	93	98	81	83	150	158	141	148
	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	5011	5020	4978	4986	6827	6836	6793	6802	5012	5020	4978	4987
<b>Fx</b>	122	131	118	128	30	39	27	36	30	39	27	36
<b>Fy</b>	88	89	-77	-76	92	93	-73	-72	92	93	-73	-72
<b>V</b>	150	158	141	148	97	101	77	80	97	101	77	80
	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	6838	6847	6782	6791	5023	5032	4966	4975	6839	6854	6805	6820
<b>Fx</b>	31	40	26	35	31	40	26	35	35	51	32	47
<b>Fy</b>	143	144	-132	-131	143	144	-132	-131	88	90	-76	-75
<b>V</b>	146	149	134	135	146	149	134	135	95	103	83	88
	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>		
<b>Fz</b>	5023	5038	4989	5004	3575	3581	3585	3591	3695	3701		
<b>Fx</b>	35	51	32	47	313	319	110	117	110	116		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 36 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>Fy</b>	88	90	-76	-75	49	49	153	154	48	49		
<b>V</b>	95	103	83	88	317	323	189	193	120	126		
<b>LN_P4_SX</b>	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	7010	7013	6976	6979	5645	5648	5611	5614	6425	6428	6391	6394
<b>Fx</b>	31	40	26	35	31	40	26	35	122	131	117	126
<b>Fy</b>	86	87	-78	-77	86	87	-79	-78	86	87	-78	-77
<b>V</b>	92	96	82	85	91	96	83	85	149	158	141	148
	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	5401	5404	5367	5370	6425	6428	6391	6394	5401	5404	5367	5370
<b>Fx</b>	122	131	117	126	31	40	26	35	31	40	26	35
<b>Fy</b>	86	87	-79	-78	90	91	-74	-73	90	91	-75	-74
<b>V</b>	149	157	141	148	95	100	79	81	95	99	79	82
	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	6436	6439	6380	6382	5413	5415	5356	5359	6428	6433	6395	6399
<b>Fx</b>	32	42	24	33	32	42	24	33	36	51	31	46
<b>Fy</b>	141	142	-133	-132	141	142	-134	-133	87	88	-78	-76
<b>V</b>	145	148	136	136	144	148	136	137	94	102	84	89
	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>		
<b>Fz</b>	5405	5409	5371	5375	3503	3505	3514	3516	3624	3626		
<b>Fx</b>	36	51	31	46	312	319	110	117	109	116		
<b>Fy</b>	86	88	-78	-77	49	49	153	154	48	49		
<b>V</b>	93	102	84	90	316	322	189	193	119	126		

#### PILA P05

<b>LN_P5_DX</b>	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	8323	8342	8292	8311	5805	5824	5774	5793	7613	7632	7582	7601
<b>Fx</b>	61	79	54	72	61	79	54	72	153	172	146	165
<b>Fy</b>	81	82	-73	-72	81	82	-73	-72	82	82	-73	-72
<b>V</b>	101	114	91	102	101	114	91	102	173	190	163	180
	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	5725	5744	5694	5713	7613	7633	7582	7601	5725	5744	5694	5713
<b>Fx</b>	153	172	146	165	61	80	54	73	61	80	54	73
<b>Fy</b>	82	82	-72	-72	84	85	-70	-69	85	85	-69	-69
<b>V</b>	173	190	163	180	104	117	88	100	104	117	88	100
	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	7624	7643	7572	7591	5735	5755	5683	5703	7639	7671	7608	7639
<b>Fx</b>	63	82	51	70	63	82	51	70	71	102	64	95
<b>Fy</b>	132	133	-125	-124	132	133	-125	-124	81	83	-73	-71
<b>V</b>	146	156	135	142	146	156	135	142	108	132	97	119
	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>		
<b>Fz</b>	5750	5782	5719	5751	4128	4142	4131	4144	4245	4259		
<b>Fx</b>	71	102	64	95	338	351	134	147	133	146		
<b>Fy</b>	81	83	-73	-71	47	48	145	146	45	46		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 37 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>V</b>	108	132	97	119	341	354	198	207	141	153		
<b>LN_P5_SX</b>	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	8064	8091	8033	8060	6928	6954	6897	6923	7463	7489	7432	7458
<b>Fx</b>	62	80	52	70	62	81	52	70	154	172	144	162
<b>Fy</b>	80	81	-74	-73	82	83	-72	-71	81	82	-73	-72
<b>V</b>	101	114	90	101	103	115	89	100	174	191	161	177
	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	6610	6636	6579	6605	7463	7489	7432	7458	6610	6636	6579	6606
<b>Fx</b>	154	172	144	162	62	81	52	70	62	81	52	71
<b>Fy</b>	82	83	-72	-71	84	85	-70	-69	85	86	-69	-68
<b>V</b>	174	191	161	177	104	117	87	99	105	118	86	98
	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	7473	7499	7421	7448	6620	6647	6569	6595	7498	7541	7467	7510
<b>Fx</b>	65	84	48	67	65	84	48	67	72	103	62	93
<b>Fy</b>	131	132	-125	-124	132	133	-124	-123	80	82	-74	-72
<b>V</b>	147	157	134	141	148	158	133	140	108	132	96	118
	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>		
<b>Fz</b>	6645	6689	6614	6658	4268	4286	4271	4290	4386	4405		
<b>Fx</b>	72	103	62	93	337	349	134	147	133	146		
<b>Fy</b>	82	83	-72	-71	47	48	145	146	45	46		
<b>V</b>	109	133	95	117	340	353	198	207	140	153		



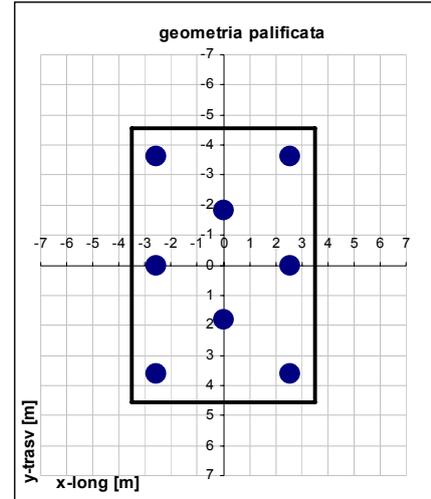
Di seguito si riportano la geometria della palificata – identica per tutte le pile del viadotto – e le azioni assiali e i tagli alla testa dei pali nelle diverse combinazioni di carico analizzate. In particolare, riguardo alle sollecitazioni di taglio agenti sui pali sono state adottate le seguenti notazioni:

Vx = taglio in direzione longitudinale;

Vy = taglio in direzione trasversale;

V = taglio risultante (somma vettoriale dei tagli agenti nelle due direzioni mutuamente ortogonali).

Geometria della palificata				
PALO	X	Y	trasversale Jxi	longitudinale Jyi
1	-2.55	-3.60	12.96	6.50
2	-2.55	0.00	0.00	6.50
3	-2.55	3.60	12.96	6.50
4	0.00	-1.80	3.24	0.00
5	0.00	1.80	3.24	0.00
6	2.55	-3.60	12.96	6.50
7	2.55	0.00	0.00	6.50
8	2.55	3.60	12.96	6.50



#### Azioni sui Pali della Pila P01

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-1	2568	3021	3474	2765	3218	2510	2963	3416	23.9	21.5	32.2
SLU-2	2569	3016	3463	2754	3201	2492	2939	3386	31.2	21.9	38.1
SLU-3	2731	3018	3305	2848	3135	2679	2965	3252	21.8	-19.7	29.4
SLU-4	2732	3013	3294	2837	3118	2660	2942	3223	29.1	-19.3	34.9
SLU-5	2240	2876	3511	2529	3164	2182	2818	3453	23.9	21.5	32.2
SLU-6	2241	2871	3501	2517	3147	2164	2794	3424	31.3	21.8	38.1
SLU-7	2403	2873	3342	2612	3081	2351	2820	3290	21.8	-19.7	29.4
SLU-8	2404	2868	3332	2600	3064	2333	2797	3261	29.1	-19.4	35.0
SLU-9	2551	2923	3295	2678	3050	2433	2805	3177	46.9	21.7	51.7
SLU-10	2552	2918	3285	2667	3033	2415	2781	3147	54.2	22.0	58.5
SLU-11	2714	2920	3126	2761	2967	2602	2808	3013	44.8	-19.5	48.9
SLU-12	2715	2916	3116	2750	2950	2584	2784	2984	52.1	-19.2	55.5
SLU-13	2305	2814	3323	2501	3010	2187	2696	3205	46.9	21.7	51.7
SLU-14	2306	2810	3313	2489	2993	2169	2672	3176	54.3	22.0	58.6
SLU-15	2468	2811	3154	2584	2927	2356	2699	3042	44.8	-19.6	48.9
SLU-16	2469	2807	3144	2572	2910	2338	2675	3012	52.1	-19.2	55.5
SLU-17	2519	2893	3267	2677	3051	2461	2835	3208	24.0	22.4	32.8
SLU-18	2520	2888	3257	2666	3034	2443	2811	3179	31.3	22.8	38.7
SLU-19	2683	2890	3098	2760	2968	2630	2838	3045	21.8	-18.8	28.8
SLU-20	2684	2886	3088	2749	2951	2612	2814	3016	29.1	-18.4	34.5
SLU-21	2274	2784	3295	2500	3010	2215	2726	3237	24.0	22.4	32.8
SLU-22	2275	2780	3285	2488	2993	2197	2702	3207	31.3	22.8	38.7

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-23	2437	2781	3126	2583	2927	2384	2729	3073	21.8	-18.8	28.8
SLU-24	2438	2777	3116	2571	2910	2366	2705	3044	29.2	-18.4	34.5
SLU-25	2467	2894	3320	2651	3077	2407	2834	3260	24.6	35.2	42.9
SLU-26	2468	2889	3310	2639	3060	2389	2810	3231	31.9	35.6	47.8
SLU-27	2739	2889	3039	2789	2939	2689	2839	2988	21.0	-33.5	39.6
SLU-28	2740	2885	3029	2778	2922	2671	2815	2959	28.4	-33.1	43.6
SLU-29	2222	2785	3349	2473	3037	2162	2725	3289	24.6	35.2	42.9
SLU-30	2223	2780	3338	2462	3020	2143	2701	3259	32.0	35.5	47.8
SLU-31	2494	2780	3067	2612	2898	2443	2730	3017	21.1	-33.5	39.6
SLU-32	2495	2776	3057	2600	2881	2425	2706	2987	28.4	-33.1	43.6
SLU-33	2535	2911	3287	2691	3067	2471	2847	3223	26.5	21.6	34.2
SLU-34	2537	2904	3270	2672	3039	2440	2807	3174	38.7	22.2	44.6
SLU-35	2699	2909	3119	2774	2984	2639	2849	3059	24.4	-19.6	31.3
SLU-36	2700	2901	3102	2755	2956	2609	2810	3010	36.6	-19.0	41.2
SLU-37	2290	2803	3316	2514	3027	2225	2738	3251	26.6	21.6	34.2
SLU-38	2291	2795	3299	2495	2998	2195	2698	3202	38.8	22.2	44.7
SLU-39	2453	2800	3147	2597	2944	2394	2741	3087	24.4	-19.6	31.3
SLU-40	2455	2792	3130	2578	2915	2363	2701	3039	36.6	-19.0	41.3
SLV-1	1898	1974	2051	1820	1896	1665	1742	1818	90.1	11.5	90.8
SLV-2	1898	1971	2043	1812	1884	1653	1725	1798	95.2	11.8	95.9
SLV-3	1791	1936	2082	1785	1931	1634	1780	1925	39.1	36.5	53.5
SLV-4	1792	1933	2075	1777	1919	1621	1763	1905	44.2	36.7	57.4
SLV-5	1862	1938	2013	1850	1926	1763	1839	1915	39.0	11.4	40.6
SLV-6	1863	1934	2006	1842	1914	1750	1822	1894	44.0	11.6	45.6
SLR-1	1883	2154	2426	1996	2268	1838	2110	2381	18.3	14.4	23.3
SLR-2	1884	2151	2418	1987	2254	1823	2090	2357	24.4	14.7	28.5
SLR-3	1992	2153	2314	2051	2213	1950	2111	2273	16.9	-13.0	21.3
SLR-4	1992	2149	2305	2042	2198	1935	2092	2248	23.0	-12.7	26.3
SLR-5	1860	1667	1474	1741	1548	1815	1622	1429	18.3	14.3	23.2
SLR-6	1861	1663	1466	1732	1534	1800	1603	1405	24.4	14.6	28.4
SLR-7	1969	1665	1361	1797	1493	1928	1624	1320	16.8	-13.2	21.4
SLR-8	1970	1661	1353	1787	1479	1913	1604	1296	22.9	-12.9	26.3
SLF-1	1919	2154	2389	2015	2250	1875	2110	2345	17.8	5.3	18.6
SLF-2	1920	2150	2380	2005	2235	1860	2090	2321	23.9	5.6	24.6
SLF-3	1955	2153	2351	2033	2231	1913	2111	2309	17.4	-3.9	17.8
SLF-4	1956	2149	2343	2024	2217	1898	2091	2284	23.5	-3.6	23.7
SLF-5	1896	1666	1437	1760	1530	1853	1623	1393	17.8	5.1	18.5
SLF-6	1897	1663	1428	1750	1516	1838	1603	1369	23.9	5.4	24.5
SLF-7	1933	1666	1399	1778	1511	1890	1624	1357	17.3	-4.1	17.8
SLF-8	1934	1662	1390	1769	1497	1875	1604	1332	23.4	-3.8	23.7
SLQP-1	1832	1866	1899	1828	1862	1790	1824	1858	17.0	0.6	17.0
SLQP-2	1833	1863	1892	1820	1850	1778	1808	1838	22.1	0.8	22.1

**PILA 02**

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
Fx	121	150	113	142	121	150	113	142	302	331	294	323

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 41 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

Fy	209	212	-176	-173	211	215	-174	-170	207	210	-178	-175
Fz	22778	22750	22778	22749	21476	21447	21476	21447	21778	21749	21777	21748
Mx	7680	7607	2929	2855	10457	10383	5705	5631	6488	6415	1736	1663
My	940	1170	874	1104	941	1171	876	1106	2386	2616	2320	2550
	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
Fx	302	331	294	323	121	150	113	142	122	150	113	142
Fy	209	212	-176	-173	215	218	-170	-167	217	220	-168	-165
Fz	20801	20772	20800	20772	21778	21749	21777	21748	20801	20772	20800	20772
Mx	8570	8497	3819	3745	6566	6492	1814	1741	8648	8574	3896	3823
My	2386	2616	2321	2551	942	1172	876	1106	942	1172	877	1107
	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
Fx	124	153	110	139	124	153	110	139	132	179	123	171
Fy	335	338	-307	-304	337	340	-305	-302	207	213	-178	-172
Fz	21778	21749	21777	21748	20801	20772	20800	20772	21808	21760	21808	21760
Mx	8064	7991	145	71	10146	10073	2227	2153	6550	6428	1799	1676
My	961	1191	853	1082	962	1192	853	1083	1022	1405	957	1340
	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLE-C1	SLE-C2
Fx	132	180	124	171	734	754	281	301	280	300	90	114
Fy	209	215	-176	-170	108	111	348	351	108	110	139	142
Fz	20832	20784	20831	20783	14034	14014	14034	14014	14292	14272	16153	16129
Mx	8633	8510	3881	3758	1722	1671	4218	4167	1718	1667	4662	4601
My	1023	1406	958	1341	5668	5828	2659	2819	2164	2324	701	893
	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6
Fx	85	109	90	114	85	108	88	112	87	110	88	112
Fy	-118	-115	127	130	-130	-127	54	56	-32	-29	41	44
Fz	16153	16129	12430	12406	12429	12405	16153	16129	16153	16129	12429	12405
Mx	1494	1433	-2214	-2275	-5382	-5443	3606	3545	2550	2489	-3270	-3331
My	657	849	699	891	656	848	686	878	672	864	685	877
	SLE-F7	SLE-F8	SLE-QP1	SLE-QP2								
Fx	86	110	85	105								
Fy	-44	-41	5	8								
Fz	12429	12405	13923	13903								
Mx	-4326	-4387	397	346								
My	670	862	662	821								

### Azioni sui Pali della Pila P02

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-1	2435	2909	3383	2610	3084	2312	2786	3260	15.2	26.1	30.2
SLU-2	2451	2920	3390	2609	3078	2298	2767	3237	18.8	26.5	32.5
SLU-3	2724	2904	3085	2757	2938	2609	2790	2971	14.1	-22.0	26.2
SLU-4	2740	2916	3092	2756	2932	2595	2771	2948	17.7	-21.6	28.0
SLU-5	2101	2746	3391	2362	3007	1978	2623	3268	15.2	26.4	30.5

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-6	2116	2757	3398	2360	3001	1963	2604	3245	18.8	26.8	32.8
SLU-7	2390	2742	3094	2508	2861	2275	2627	2979	14.2	-21.7	25.9
SLU-8	2405	2753	3101	2507	2855	2261	2609	2956	17.8	-21.3	27.7
SLU-9	2478	2878	3279	2522	2922	2166	2566	2967	37.8	25.9	45.8
SLU-10	2494	2890	3286	2521	2917	2152	2548	2944	41.3	26.3	49.0
SLU-11	2767	2874	2981	2669	2776	2463	2570	2678	36.7	-22.3	43.0
SLU-12	2783	2885	2988	2667	2770	2449	2552	2655	40.3	-21.8	45.9
SLU-13	2227	2756	3285	2336	2865	1915	2444	2973	37.8	26.1	45.9
SLU-14	2243	2768	3292	2334	2859	1901	2426	2950	41.4	26.5	49.1
SLU-15	2516	2752	2987	2482	2718	2213	2448	2684	36.7	-22.0	42.8
SLU-16	2532	2763	2994	2481	2712	2199	2430	2661	40.3	-21.6	45.8
SLU-17	2378	2784	3189	2520	2925	2255	2661	3066	15.2	26.8	30.8
SLU-18	2394	2795	3196	2518	2919	2241	2642	3043	18.8	27.2	33.1
SLU-19	2667	2779	2891	2666	2778	2553	2665	2777	14.2	-21.3	25.6
SLU-20	2683	2791	2898	2665	2772	2539	2646	2754	17.8	-20.9	27.4
SLU-21	2128	2662	3196	2333	2867	2005	2539	3072	15.2	27.1	31.1
SLU-22	2144	2673	3202	2332	2861	1991	2520	3049	18.8	27.5	33.3
SLU-23	2417	2657	2898	2480	2720	2302	2543	2783	14.2	-21.0	25.4
SLU-24	2433	2669	2905	2478	2714	2288	2524	2760	17.8	-20.6	27.2
SLU-25	2287	2785	3283	2473	2971	2162	2659	3157	15.5	41.8	44.6
SLU-26	2303	2796	3290	2472	2965	2148	2641	3134	19.1	42.2	46.4
SLU-27	2769	2778	2787	2718	2727	2657	2666	2675	13.8	-38.4	40.8
SLU-28	2785	2789	2794	2716	2721	2643	2648	2652	17.4	-38.0	41.8
SLU-29	2037	2663	3289	2287	2913	1911	2537	3164	15.5	42.1	44.9
SLU-30	2053	2674	3296	2286	2907	1897	2519	3140	19.1	42.5	46.6
SLU-31	2518	2656	2793	2531	2669	2407	2544	2682	13.8	-38.1	40.6
SLU-32	2534	2667	2800	2530	2663	2393	2526	2659	17.4	-37.7	41.5
SLU-33	2389	2793	3197	2524	2928	2255	2659	3064	16.4	25.9	30.7
SLU-34	2415	2812	3209	2522	2918	2231	2628	3025	22.4	26.6	34.8
SLU-35	2677	2789	2900	2670	2781	2552	2663	2774	15.4	-22.2	27.0
SLU-36	2704	2808	2911	2668	2772	2529	2632	2736	21.4	-21.5	30.4
SLU-37	2138	2671	3204	2338	2870	2004	2537	3070	16.5	26.2	30.9
SLU-38	2165	2690	3215	2335	2861	1981	2506	3031	22.4	26.9	35.0
SLU-39	2427	2666	2906	2484	2724	2302	2541	2781	15.4	-21.9	26.8
SLU-40	2454	2686	2918	2482	2714	2278	2510	2742	21.4	-21.3	30.2
SLV-1	2018	2125	2231	1701	1807	1277	1384	1490	91.8	13.6	92.8
SLV-2	2029	2133	2236	1700	1803	1268	1371	1474	94.3	13.8	95.3
SLV-3	1668	1928	2188	1624	1884	1320	1580	1841	35.1	43.5	55.9
SLV-4	1679	1936	2193	1623	1880	1310	1567	1825	37.6	43.8	57.7
SLV-5	1822	1928	2034	1733	1839	1539	1645	1751	35.0	13.5	37.5
SLV-6	1833	1936	2039	1733	1835	1529	1632	1735	37.5	13.8	40.0
SLR-1	1777	2065	2353	1875	2163	1686	1973	2261	11.3	17.4	20.7
SLR-2	1790	2074	2358	1874	2158	1674	1958	2242	14.3	17.7	22.8
SLR-3	1970	2062	2154	1973	2065	1884	1976	2068	10.6	-14.7	18.1
SLR-4	1983	2072	2160	1972	2060	1872	1961	2049	13.6	-14.3	19.8
SLR-5	1736	1599	1463	1622	1485	1645	1508	1371	11.2	15.9	19.5
SLR-6	1749	1609	1468	1621	1480	1633	1492	1352	14.2	16.2	21.6
SLR-7	1929	1597	1264	1720	1388	1843	1511	1179	10.6	-16.2	19.4

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 43 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLR-8	1942	1606	1270	1719	1383	1831	1495	1159	13.6	-15.9	20.9
SLF-1	1841	2064	2287	1908	2130	1752	1974	2197	11.0	6.7	12.9
SLF-2	1855	2074	2292	1907	2126	1740	1959	2178	14.0	7.0	15.7
SLF-3	1906	2063	2220	1940	2098	1818	1975	2133	10.8	-4.0	11.5
SLF-4	1919	2073	2226	1939	2093	1806	1960	2113	13.8	-3.6	14.3
SLF-5	1800	1598	1397	1655	1453	1711	1509	1307	11.0	5.2	12.2
SLF-6	1814	1608	1402	1653	1448	1699	1493	1288	14.0	5.5	15.1
SLF-7	1865	1597	1330	1687	1420	1777	1510	1243	10.8	-5.5	12.1
SLF-8	1878	1607	1336	1686	1415	1765	1494	1224	13.8	-5.2	14.7
SLQP-1	1759	1784	1808	1728	1753	1673	1697	1722	10.7	0.7	10.7
SLQP-2	1770	1792	1813	1727	1749	1663	1684	1706	13.2	0.9	13.2

### PILA 03

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
Fx	63	64	63	63	63	64	63	63	242	243	242	242
Fy	220	223	-180	-177	225	228	-175	-172	217	220	-183	-180
Fz	23203	23190	23202	23189	21951	21938	21951	21937	22192	22178	22191	22178
Mx	7868	7798	2522	2452	10594	10524	5248	5179	6701	6631	1355	1286
My	571	572	569	569	571	572	569	569	2272	2272	2269	2270
	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
Fx	242	243	242	242	63	64	63	63	63	64	63	63
Fy	220	224	-180	-176	225	229	-175	-171	229	232	-171	-168
Fz	21253	21240	21252	21239	22192	22178	22191	22178	21253	21240	21252	21239
Mx	8746	8676	3400	3330	6796	6727	1451	1381	8841	8772	3495	3426
My	2272	2272	2269	2270	571	572	569	569	572	572	569	569
	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
Fx	64	64	63	63	64	64	63	63	63	64	63	63
Fy	350	354	-317	-313	354	357	-313	-310	218	224	-182	-176
Fz	22192	22179	22190	22177	21253	21240	21252	21239	22206	22184	22205	22183
Mx	8481	8411	-429	-498	10526	10456	1616	1546	6771	6655	1426	1310
My	572	573	568	568	572	573	568	568	572	572	569	570
	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLE-C1	SLE-C2
Fx	63	64	63	63	708	708	243	243	242	242	42	42
Fy	221	227	-179	-173	114	116	363	366	113	115	146	149
Fz	21267	21245	21266	21244	14310	14301	14310	14301	14575	14565	16448	16437
Mx	8816	8700	3470	3354	1931	1883	4843	4795	1922	1874	4802	4744
My	572	572	569	570	6459	6459	2718	2718	2205	2205	381	381
	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6
Fx	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Fy	-120	-117	130	132	-137	-134	57	60	-31	-29	41	44
Fz	16447	16437	12648	12637	12647	12636	16448	16437	16448	16437	12648	12637

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 44 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>Mx</b>	1238	1180	-1907	-1965	-5471	-5529	3614	3556	2426	2368	-3095	-3153
<b>My</b>	379	380	381	381	379	380	380	381	380	380	380	381
	<b>SLE-F7</b>	<b>SLE-F8</b>	<b>SLE-QP1</b>	<b>SLE-QP2</b>								
<b>Fx</b>	42	42	42	42								
<b>Fy</b>	-48	-45	6	8								
<b>Fz</b>	12648	12637	14197	14188								
<b>Mx</b>	-4283	-4341	408	360								
<b>My</b>	380	380	380	380								

### Azioni sui Pali della Pila P03

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-1	2452	2938	3423	2658	3143	2377	2863	3349	7.9	27.5	28.6
SLU-2	2455	2936	3417	2658	3139	2380	2861	3343	7.9	27.9	29.0
SLU-3	2782	2937	3093	2822	2978	2707	2863	3019	7.9	-22.5	23.9
SLU-4	2784	2936	3087	2823	2974	2710	2861	3013	7.9	-22.1	23.5
SLU-5	2127	2781	3435	2417	3071	2053	2707	3361	7.9	28.1	29.2
SLU-6	2130	2780	3429	2417	3067	2055	2705	3355	7.9	28.5	29.6
SLU-7	2457	2781	3105	2582	2906	2383	2707	3031	7.9	-21.9	23.3
SLU-8	2460	2779	3099	2582	2902	2385	2705	3025	7.9	-21.5	22.9
SLU-9	2509	2922	3336	2567	2981	2212	2625	3039	30.3	27.1	40.7
SLU-10	2511	2921	3330	2568	2977	2214	2624	3033	30.3	27.6	41.0
SLU-11	2839	2922	3006	2732	2816	2542	2626	2709	30.3	-22.9	38.0
SLU-12	2841	2921	3000	2733	2812	2544	2624	2703	30.3	-22.5	37.7
SLU-13	2265	2805	3345	2387	2927	1968	2508	3048	30.3	27.6	41.0
SLU-14	2268	2803	3339	2387	2923	1971	2506	3042	30.3	28.0	41.3
SLU-15	2595	2805	3015	2552	2761	2298	2508	2718	30.3	-22.5	37.7
SLU-16	2598	2803	3009	2552	2758	2301	2507	2712	30.3	-22.0	37.4
SLU-17	2392	2811	3231	2564	2984	2317	2737	3156	7.9	28.2	29.3
SLU-18	2394	2810	3225	2565	2980	2320	2735	3150	7.9	28.6	29.7
SLU-19	2721	2811	2901	2729	2819	2647	2737	2826	7.9	-21.9	23.2
SLU-20	2724	2809	2895	2730	2815	2650	2735	2820	7.9	-21.4	22.8
SLU-21	2148	2694	3240	2384	2929	2073	2619	3165	7.9	28.6	29.7
SLU-22	2151	2692	3234	2384	2926	2076	2618	3159	7.9	29.0	30.1
SLU-23	2478	2694	2909	2549	2764	2404	2619	2835	7.9	-21.4	22.8
SLU-24	2481	2692	2904	2549	2761	2406	2618	2829	7.9	-21.0	22.4
SLU-25	2288	2811	3335	2512	3036	2213	2737	3260	7.9	43.8	44.5
SLU-26	2291	2810	3329	2513	3032	2216	2735	3254	8.0	44.2	44.9
SLU-27	2837	2811	2784	2787	2761	2763	2737	2710	7.9	-39.6	40.4
SLU-28	2840	2809	2779	2788	2757	2766	2735	2704	7.9	-39.2	39.9
SLU-29	2044	2694	3344	2332	2982	1970	2619	3269	7.9	44.2	44.9
SLU-30	2047	2692	3338	2332	2978	1972	2618	3263	8.0	44.6	45.3
SLU-31	2594	2694	2793	2607	2706	2520	2619	2719	7.9	-39.2	39.9
SLU-32	2597	2692	2787	2607	2703	2522	2618	2713	7.9	-38.7	39.5
SLU-33	2395	2813	3231	2567	2985	2320	2738	3156	7.9	27.2	28.4
SLU-34	2400	2810	3221	2568	2978	2325	2736	3146	7.9	28.0	29.1
SLU-35	2725	2813	2901	2732	2820	2650	2738	2826	7.9	-22.8	24.1
SLU-36	2729	2810	2891	2732	2813	2655	2736	2816	7.9	-22.1	23.4

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 45 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-37	2152	2696	3240	2386	2930	2077	2621	3165	7.9	27.7	28.8
SLU-38	2156	2693	3230	2387	2924	2081	2618	3155	7.9	28.4	29.5
SLU-39	2481	2695	2910	2551	2765	2407	2621	2835	7.9	-22.3	23.7
SLU-40	2486	2693	2900	2552	2759	2411	2618	2825	7.9	-21.6	23.0
SLV-1	2092	2211	2330	1729	1848	1247	1367	1486	88.5	14.2	89.6
SLV-2	2094	2210	2326	1730	1846	1249	1365	1482	88.5	14.5	89.7
SLV-3	1667	1966	2265	1639	1938	1312	1611	1910	30.4	45.4	54.6
SLV-4	1669	1965	2261	1640	1936	1314	1610	1906	30.4	45.7	54.9
SLV-5	1847	1966	2085	1762	1881	1559	1678	1796	30.3	14.1	33.4
SLV-6	1849	1965	2080	1763	1879	1561	1677	1792	30.3	14.4	33.5
SLR-1	1784	2081	2377	1908	2204	1735	2031	2328	5.3	18.3	19.0
SLR-2	1787	2080	2372	1908	2201	1737	2030	2323	5.3	18.7	19.4
SLR-3	2004	2081	2157	2018	2094	1955	2031	2108	5.3	-15.0	15.9
SLR-4	2007	2079	2152	2018	2091	1957	2030	2103	5.3	-14.7	15.6
SLR-5	1724	1606	1488	1640	1522	1674	1556	1438	5.3	16.2	17.0
SLR-6	1726	1605	1483	1640	1519	1676	1555	1433	5.3	16.6	17.4
SLR-7	1943	1606	1268	1750	1412	1894	1556	1218	5.3	-17.2	17.9
SLR-8	1946	1604	1263	1750	1409	1896	1555	1213	5.3	-16.8	17.6
SLF-1	1858	2081	2304	1944	2168	1808	2031	2254	5.3	7.2	8.9
SLF-2	1860	2080	2299	1945	2164	1810	2030	2249	5.3	7.5	9.2
SLF-3	1931	2081	2231	1981	2131	1881	2031	2181	5.3	-3.9	6.6
SLF-4	1933	2079	2226	1981	2128	1884	2030	2176	5.3	-3.6	6.4
SLF-5	1797	1606	1415	1676	1485	1747	1556	1365	5.3	5.1	7.3
SLF-6	1799	1604	1410	1677	1482	1749	1555	1360	5.3	5.4	7.6
SLF-7	1870	1606	1341	1713	1449	1821	1556	1292	5.3	-6.0	8.0
SLF-8	1872	1604	1336	1714	1446	1823	1555	1287	5.3	-5.7	7.7
SLQP-1	1774	1799	1825	1762	1787	1725	1750	1775	5.3	0.7	5.3
SLQP-2	1776	1798	1821	1762	1785	1726	1749	1771	5.3	1.0	5.4

#### PILA 04

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
Fx	122	151	114	143	122	151	114	143	305	334	296	325
Fy	197	200	-174	-171	197	200	-174	-171	196	200	-175	-171
Fz	22455	22426	22455	22426	21152	21124	21152	21123	21454	21425	21454	21425
Mx	7543	7457	3606	3519	10456	10369	6518	6432	6292	6205	2354	2268
My	639	798	594	754	640	799	595	755	1645	1804	1600	1759
	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
Fx	305	334	297	326	122	151	114	143	122	151	114	143
Fy	196	199	-175	-172	204	207	-167	-164	204	207	-167	-164
Fz	20477	20448	20477	20448	21454	21425	21454	21425	20477	20448	20477	20448
Mx	8476	8389	4538	4452	6354	6267	2417	2330	8538	8451	4601	4514
My	1645	1805	1601	1760	641	800	596	755	641	801	597	756
	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 46 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>Fx</b>	124	153	111	140	125	154	111	140	132	180	124	172
<b>Fy</b>	320	323	-299	-296	319	323	-299	-296	197	202	-174	-169
<b>Fz</b>	21454	21425	21454	21425	20477	20448	20477	20448	21484	21437	21484	21436
<b>Mx</b>	7598	7511	1036	949	9782	9695	3220	3133	6356	6211	2419	2274
<b>My</b>	654	813	579	739	654	814	580	739	696	962	651	917
	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>	<b>SLE-C1</b>	<b>SLE-C2</b>
<b>Fx</b>	132	181	124	172	713	733	276	296	274	294	91	115
<b>Fy</b>	197	202	-174	-169	103	105	326	329	102	104	132	135
<b>Fz</b>	20508	20460	20507	20460	13791	13771	13791	13771	14045	14025	15913	15889
<b>Mx</b>	8540	8396	4603	4458	1488	1428	3369	3309	1471	1411	4551	4478
<b>My</b>	697	962	652	918	3791	3902	1938	2049	1454	1564	478	610
	<b>SLE-C3</b>	<b>SLE-C4</b>	<b>SLE-C5</b>	<b>SLE-C6</b>	<b>SLE-C7</b>	<b>SLE-C8</b>	<b>SLE-F1</b>	<b>SLE-F2</b>	<b>SLE-F3</b>	<b>SLE-F4</b>	<b>SLE-F5</b>	<b>SLE-F6</b>
<b>Fx</b>	85	109	90	115	85	109	89	113	87	111	89	113
<b>Fy</b>	-115	-113	126	129	-121	-119	49	52	-33	-30	44	46
<b>Fz</b>	15913	15889	12188	12164	12187	12164	15913	15889	15913	15889	12188	12164
<b>Mx</b>	1926	1853	-2658	-2731	-5283	-5356	3676	3603	2801	2728	-3533	-3606
<b>My</b>	448	581	477	610	447	580	468	601	458	591	467	600
	<b>SLE-F7</b>	<b>SLE-F8</b>	<b>SLE-QP1</b>	<b>SLE-QP2</b>								
<b>Fx</b>	87	111	86	106								
<b>Fy</b>	-39	-36	5	7								
<b>Fz</b>	12188	12164	13682	13662								
<b>Mx</b>	-4408	-4481	428	368								
<b>My</b>	457	590	451	561								

#### Azioni sui Pali della Pila P04

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-1	2383	2849	3314	2574	3040	2299	2765	3231	15.2	24.6	29.0
SLU-2	2395	2855	3316	2573	3033	2291	2751	3211	18.8	25.0	31.3
SLU-3	2623	2846	3068	2696	2918	2545	2768	2991	14.2	-21.7	26.0
SLU-4	2635	2853	3070	2695	2912	2537	2754	2971	17.8	-21.3	27.8
SLU-5	2040	2686	3331	2321	2967	1957	2602	3248	15.2	24.6	29.0
SLU-6	2053	2693	3333	2320	2960	1948	2588	3228	18.9	25.0	31.3
SLU-7	2281	2683	3085	2443	2845	2203	2605	3007	14.2	-21.8	26.0
SLU-8	2293	2690	3087	2442	2839	2194	2591	2988	17.8	-21.4	27.8
SLU-9	2401	2789	3178	2488	2876	2186	2574	2963	38.1	24.6	45.3
SLU-10	2413	2796	3179	2487	2870	2177	2560	2943	41.7	25.0	48.6
SLU-11	2641	2786	2932	2609	2754	2432	2577	2722	37.1	-21.8	43.0
SLU-12	2653	2793	2933	2608	2748	2423	2563	2703	40.7	-21.4	46.0
SLU-13	2144	2667	3190	2298	2821	1929	2452	2975	38.1	24.5	45.3
SLU-14	2156	2674	3192	2297	2815	1920	2438	2956	41.7	24.9	48.6
SLU-15	2384	2664	2944	2420	2700	2175	2455	2735	37.1	-21.9	43.0
SLU-16	2396	2671	2946	2419	2693	2166	2441	2716	40.7	-21.5	46.0
SLU-17	2331	2724	3116	2486	2878	2248	2640	3032	15.2	25.5	29.7
SLU-18	2344	2730	3117	2485	2872	2239	2626	3013	18.9	25.9	32.1
SLU-19	2571	2721	2870	2607	2756	2494	2643	2792	14.2	-20.9	25.2

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 47 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-20	2584	2727	2871	2606	2750	2485	2629	2773	17.9	-20.5	27.1
SLU-21	2074	2602	3129	2296	2823	1991	2518	3045	15.3	25.5	29.7
SLU-22	2087	2608	3130	2295	2817	1982	2504	3025	18.9	25.9	32.1
SLU-23	2315	2599	2883	2418	2702	2237	2521	2805	14.2	-20.9	25.3
SLU-24	2327	2605	2884	2417	2695	2228	2507	2785	17.9	-20.5	27.2
SLU-25	2255	2724	3193	2447	2916	2170	2639	3108	15.6	39.9	42.9
SLU-26	2268	2731	3195	2446	2910	2161	2625	3089	19.2	40.3	44.7
SLU-27	2656	2720	2784	2650	2714	2580	2644	2708	13.9	-37.4	39.9
SLU-28	2668	2726	2785	2649	2707	2571	2630	2688	17.5	-37.0	40.9
SLU-29	1999	2602	3206	2258	2862	1913	2517	3121	15.6	39.9	42.9
SLU-30	2011	2609	3208	2257	2855	1904	2503	3101	19.2	40.3	44.7
SLU-31	2399	2598	2796	2460	2659	2323	2522	2720	13.9	-37.4	39.9
SLU-32	2411	2604	2798	2459	2653	2314	2508	2701	17.5	-37.0	40.9
SLU-33	2339	2731	3123	2489	2882	2248	2640	3032	16.5	24.6	29.6
SLU-34	2359	2742	3126	2488	2871	2233	2617	3000	22.6	25.3	33.9
SLU-35	2579	2728	2877	2611	2760	2494	2643	2792	15.5	-21.8	26.7
SLU-36	2599	2740	2880	2609	2750	2479	2620	2760	21.5	-21.1	30.1
SLU-37	2082	2609	3136	2300	2827	1991	2518	3045	16.5	24.6	29.6
SLU-38	2102	2620	3139	2298	2817	1976	2495	3013	22.6	25.3	33.9
SLU-39	2322	2606	2890	2421	2706	2237	2521	2805	15.5	-21.8	26.7
SLU-40	2342	2617	2893	2420	2695	2222	2497	2773	21.6	-21.1	30.2
SLV-1	1880	1972	2064	1678	1770	1384	1476	1568	89.1	12.9	90.1
SLV-2	1888	1976	2065	1677	1765	1378	1466	1555	91.6	13.2	92.6
SLV-3	1643	1851	2059	1620	1828	1389	1597	1805	34.5	40.8	53.4
SLV-4	1651	1855	2060	1619	1824	1383	1587	1792	37.0	41.1	55.3
SLV-5	1760	1851	1941	1710	1801	1570	1661	1751	34.3	12.7	36.5
SLV-6	1768	1855	1942	1710	1797	1564	1651	1738	36.8	13.0	39.0
SLR-1	1739	2020	2301	1849	2130	1677	1958	2239	11.3	16.5	20.0
SLR-2	1750	2026	2303	1848	2124	1670	1946	2223	14.3	16.8	22.1
SLR-3	1900	2018	2137	1930	2049	1841	1960	2079	10.6	-14.4	17.9
SLR-4	1910	2024	2139	1929	2043	1834	1948	2063	13.7	-14.1	19.6
SLR-5	1719	1555	1391	1605	1441	1656	1492	1328	11.3	15.8	19.4
SLR-6	1729	1560	1392	1605	1436	1649	1481	1312	14.3	16.1	21.5
SLR-7	1879	1553	1227	1686	1360	1820	1494	1168	10.6	-15.2	18.5
SLR-8	1889	1558	1228	1686	1355	1813	1483	1152	13.6	-14.8	20.2
SLF-1	1793	2020	2247	1876	2103	1732	1959	2185	11.1	6.2	12.7
SLF-2	1803	2025	2248	1875	2097	1724	1947	2169	14.1	6.5	15.5
SLF-3	1846	2019	2192	1903	2076	1786	1959	2132	10.9	-4.1	11.6
SLF-4	1856	2025	2193	1902	2070	1779	1948	2116	13.9	-3.8	14.4
SLF-5	1772	1554	1336	1632	1414	1711	1493	1275	11.1	5.4	12.3
SLF-6	1782	1560	1337	1632	1409	1704	1481	1259	14.1	5.8	15.2
SLF-7	1825	1553	1281	1659	1387	1766	1494	1221	10.8	-4.9	11.9
SLF-8	1836	1559	1282	1659	1382	1758	1482	1205	13.9	-4.5	14.6
SLQP-1	1713	1740	1766	1697	1723	1654	1681	1707	10.7	0.6	10.7
SLQP-2	1722	1744	1767	1696	1719	1648	1671	1694	13.2	0.9	13.3

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 48 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## PILA 05

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
<b>Fx</b>	191	250	174	232	191	250	174	233	375	434	358	416
<b>Fy</b>	172	175	-157	-154	171	174	-158	-155	174	176	-156	-153
<b>Fz</b>	23927	23814	23927	23813	22782	22669	22782	22669	22905	22791	22905	22791
<b>Mx</b>	7247	7159	4624	4537	10135	10048	7513	7425	5942	5854	3319	3232
<b>My</b>	443	590	400	547	444	590	401	547	904	1050	861	1007
	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
<b>Fx</b>	375	434	358	417	191	250	174	233	192	250	174	233
<b>Fy</b>	172	175	-157	-154	179	182	-150	-147	178	181	-151	-148
<b>Fz</b>	22046	21933	22046	21933	22905	22791	22905	22791	22046	21933	22046	21933
<b>Mx</b>	8109	8021	5486	5399	5968	5880	3345	3258	8134	8047	5512	5424
<b>My</b>	904	1050	861	1007	445	592	402	549	446	592	403	549
	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
<b>Fx</b>	197	255	168	227	197	255	168	227	212	309	195	292
<b>Fy</b>	281	284	-267	-264	280	283	-268	-265	173	178	-156	-151
<b>Fz</b>	22905	22791	22905	22791	22046	21933	22046	21933	23026	22837	23026	22837
<b>Mx</b>	6802	6715	2431	2344	8969	8881	4598	4510	6004	5858	3381	3235
<b>My</b>	458	604	386	532	458	604	386	533	496	739	453	696
	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLE-C1	SLE-C2
<b>Fx</b>	212	310	195	292	720	761	314	354	312	352	146	195
<b>Fy</b>	172	177	-157	-152	95	97	291	293	91	93	115	118
<b>Fz</b>	22167	21978	22167	21978	14859	14780	14859	14780	15101	15022	17052	16957
<b>Mx</b>	8170	8024	5548	5402	1212	1151	2263	2202	1183	1122	4342	4269
<b>My</b>	496	740	453	697	1777	1879	1206	1308	756	857	343	465
	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6
<b>Fx</b>	135	184	146	195	135	183	142	191	139	187	142	191
<b>Fy</b>	-104	-101	114	117	-105	-103	42	45	-31	-28	41	44
<b>Fz</b>	17052	16957	13145	13050	13144	13050	17052	16957	17052	16957	13145	13050
<b>Mx</b>	2593	2520	-3123	-3196	-4872	-4945	3759	3686	3176	3103	-3706	-3779
<b>My</b>	314	436	342	464	313	435	333	455	324	446	333	454
	SLE-F7	SLE-F8	SLE-QP1	SLE-QP2								
<b>Fx</b>	138	187	136	177								
<b>Fy</b>	-32	-29	5	7								
<b>Fz</b>	13145	13050	14755	14676								
<b>Mx</b>	-4289	-4362	522	461								
<b>My</b>	323	445	317	419								

## Azioni sui Pali della Pila P05

SFORZO NORMALE N									TAGLIO			
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V	
<b>SLU-1</b>	2573	3020	3467	2767	3215	2515	2962	3409		23.9	21.5	32.1
<b>SLU-2</b>	2573	3015	3457	2756	3198	2496	2938	3380		31.2	21.9	38.1
<b>SLU-3</b>	2732	3017	3302	2848	3134	2679	2965	3250		21.7	-19.6	29.3
<b>SLU-4</b>	2732	3012	3292	2837	3117	2661	2941	3221		29.0	-19.3	34.8

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-5	2251	2877	3502	2535	3161	2193	2819	3444	23.9	21.3	32.0
SLU-6	2252	2872	3492	2524	3144	2175	2795	3415	31.2	21.7	38.0
SLU-7	2410	2874	3338	2616	3080	2358	2822	3285	21.8	-19.8	29.4
SLU-8	2411	2869	3328	2604	3063	2339	2798	3256	29.1	-19.4	35.0
SLU-9	2555	2922	3289	2680	3046	2437	2804	3171	46.9	21.7	51.7
SLU-10	2556	2918	3279	2668	3030	2419	2780	3142	54.2	22.1	58.5
SLU-11	2714	2919	3124	2761	2966	2602	2807	3012	44.7	-19.4	48.8
SLU-12	2715	2915	3114	2749	2949	2584	2783	2983	52.1	-19.1	55.4
SLU-13	2314	2815	3315	2506	3006	2196	2697	3197	46.9	21.6	51.6
SLU-14	2315	2810	3305	2494	2989	2178	2673	3168	54.2	21.9	58.5
SLU-15	2473	2812	3151	2586	2925	2361	2699	3038	44.8	-19.6	48.9
SLU-16	2474	2807	3141	2575	2908	2343	2676	3009	52.1	-19.2	55.5
SLU-17	2524	2892	3261	2679	3047	2466	2834	3202	23.9	22.4	32.8
SLU-18	2525	2888	3251	2667	3030	2447	2810	3173	31.2	22.8	38.7
SLU-19	2683	2889	3096	2760	2966	2630	2837	3043	21.8	-18.7	28.7
SLU-20	2684	2885	3086	2748	2949	2612	2813	3014	29.1	-18.3	34.4
SLU-21	2283	2785	3287	2505	3007	2225	2727	3229	24.0	22.3	32.7
SLU-22	2284	2780	3277	2493	2990	2206	2703	3200	31.3	22.7	38.6
SLU-23	2442	2782	3122	2586	2926	2389	2729	3070	21.8	-18.8	28.8
SLU-24	2443	2777	3112	2574	2909	2371	2706	3041	29.1	-18.5	34.5
SLU-25	2473	2893	3313	2653	3073	2413	2833	3253	24.6	35.2	42.9
SLU-26	2474	2888	3303	2642	3056	2395	2809	3224	31.9	35.5	47.8
SLU-27	2738	2888	3038	2788	2938	2688	2838	2988	21.0	-33.4	39.5
SLU-28	2739	2884	3028	2777	2921	2669	2814	2959	28.3	-33.0	43.5
SLU-29	2232	2786	3339	2479	3033	2172	2726	3279	24.6	35.0	42.8
SLU-30	2233	2781	3329	2468	3016	2154	2702	3250	31.9	35.4	47.7
SLU-31	2497	2781	3065	2614	2898	2447	2731	3014	21.0	-33.5	39.6
SLU-32	2498	2776	3055	2602	2881	2428	2707	2985	28.3	-33.2	43.6
SLU-33	2540	2911	3281	2693	3064	2475	2846	3216	26.5	21.6	34.2
SLU-34	2541	2903	3265	2674	3035	2445	2806	3168	38.7	22.2	44.6
SLU-35	2699	2908	3117	2774	2983	2640	2849	3057	24.3	-19.5	31.2
SLU-36	2700	2900	3100	2755	2954	2609	2809	3009	36.5	-18.9	41.1
SLU-37	2299	2803	3308	2519	3023	2234	2738	3243	26.5	21.5	34.1
SLU-38	2300	2796	3291	2500	2995	2204	2699	3194	38.7	22.1	44.6
SLU-39	2458	2801	3143	2600	2942	2399	2741	3084	24.4	-19.7	31.3
SLU-40	2459	2793	3126	2581	2914	2368	2702	3035	36.6	-19.1	41.2
SLV-1	1899	1974	2048	1820	1895	1666	1741	1816	90.0	11.8	90.8
SLV-2	1899	1970	2041	1812	1883	1654	1725	1796	95.1	12.1	95.9
SLV-3	1797	1936	2076	1788	1927	1639	1779	1918	39.2	36.4	53.5
SLV-4	1797	1933	2069	1780	1915	1626	1762	1898	44.3	36.6	57.5
SLV-5	1864	1937	2010	1851	1924	1765	1838	1911	38.9	11.4	40.6
SLV-6	1865	1934	2003	1843	1912	1752	1822	1891	44.0	11.6	45.5
SLR-1	1886	2154	2422	1997	2265	1841	2109	2377	18.3	14.4	23.3
SLR-2	1887	2150	2414	1988	2251	1826	2089	2353	24.4	14.7	28.5
SLR-3	1992	2152	2312	2051	2211	1951	2111	2271	16.9	-13.0	21.3
SLR-4	1993	2148	2304	2042	2197	1936	2091	2247	22.9	-12.7	26.2
SLR-5	1858	1665	1473	1739	1547	1814	1621	1428	18.2	14.3	23.2
SLR-6	1859	1662	1464	1730	1533	1798	1601	1404	24.3	14.6	28.4

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 50 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLR-7	1964	1664	1363	1793	1493	1923	1623	1322	16.8	-13.1	21.3
SLR-8	1965	1660	1354	1784	1479	1908	1603	1298	22.9	-12.8	26.2
SLF-1	1921	2153	2385	2015	2247	1878	2110	2342	17.8	5.3	18.6
SLF-2	1922	2149	2377	2006	2233	1862	2090	2317	23.9	5.6	24.5
SLF-3	1957	2153	2349	2033	2229	1914	2110	2306	17.3	-3.8	17.8
SLF-4	1957	2149	2340	2024	2215	1899	2091	2282	23.4	-3.5	23.7
SLF-5	1894	1665	1436	1757	1529	1850	1621	1393	17.8	5.2	18.5
SLF-6	1894	1661	1428	1748	1515	1835	1602	1368	23.9	5.5	24.5
SLF-7	1929	1664	1399	1775	1511	1887	1622	1357	17.3	-4.0	17.7
SLF-8	1930	1660	1391	1766	1497	1871	1602	1333	23.4	-3.7	23.7
SLQP-1	1833	1865	1897	1828	1860	1791	1824	1856	17.0	0.6	17.0
SLQP-2	1833	1862	1890	1820	1849	1779	1807	1836	22.1	0.8	22.1

Si riportano di seguito dei prospetti riepilogativi delle azioni assiali e di taglio più significative agenti sui pali nelle combinazioni di carico relative allo SLU, allo SLV (combinazioni di carico sismiche) e allo SLE:

STATICA-SLU	Nmax	Nmin	Nmedio	Vmax
P01	3511	2143	2992	59
P02	3398	1897	2847	49
P03	3435	1968	2900	45
P04	3333	1904	2807	49
P05	3502	2154	2991	59
<b>max/min</b>	<b>3511</b>	<b>1897</b>	<b>2992</b>	<b>59</b>

SISMICA-SLV	Nmax	Nmin	Nmedio	Vmax
P01	2082	1621	1888	95.90
P02	2236	1268	1786	95.28
P03	2330	1247	1822	89.67
P04	2065	1378	1756	92.59
P05	2076	1626	1888	95.86
<b>max/min</b>	<b>2330</b>	<b>1247</b>	<b>1888</b>	<b>95.90</b>

SLE_Caratteristica	Nmax	Nmin	Vmax
P01	2426	1296	29
P02	2358	1159	23
P03	2377	1213	19
P04	2303	1152	22
P05	2422	1298	28
<b>max/min</b>	<b>2426</b>	<b>1152</b>	<b>29</b>

SLE_Frequente	Nmax	Nmin	Vmax
---------------	------	------	------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 51 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

P01	2389	1332	25
P02	2292	1224	16
P03	2304	1287	9
P04	2248	1205	16
P05	2385	1333	25
<b>max/min</b>	<b>2389</b>	<b>1205</b>	<b>25</b>

<b>SLE_Quasi Permanente</b>			
	<b>Nmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Vmax</b>
P01	1899	1778	22
P02	1813	1663	13
P03	1825	1725	5
P04	1767	1648	13
P05	1897	1779	22
<b>max/min</b>	<b>1899</b>	<b>1648</b>	<b>22</b>

## 4 VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE

La sezione trasversale del fusto pile della carreggiata di sinistra sono tutte del Tipo A ed è rappresentata nella figura seguente. Attraverso diverse analisi di predimensionamento si è scelto di armare longitudinalmente il fusto delle pile con 90 ferri  $\Phi 22$  posti ad interasse 15 cm. Tale scelta è stata adottata su tutte le pile.

# Sezione Fusto

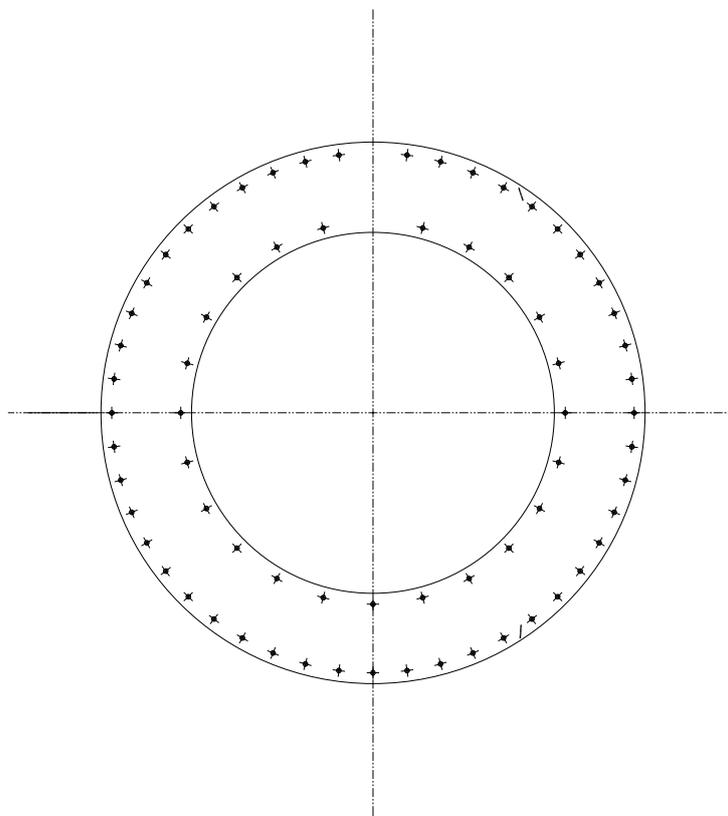


Figura 4.1: Fusto pile carreggiata di sinistra

### 4.1 S.L.U. – VERIFICA PER TENSIONI NORMALI

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 53 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$M_{Ryd}$  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:

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

PILA	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	FS	check
<b>P01</b>	9657	939	3784	19378	19378	0.24	ok
<b>P02</b>	8886	1394	7713	18684	18684	0.49	ok
<b>P03</b>	9173	1593	8229	18944	18944	0.52	ok
<b>P04</b>	8643	1164	5735	18462	18462	0.37	ok
<b>P05</b>	9652	909	3781	19374	19374	0.24	ok

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

PILA	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	FS	check
<b>P01</b>	15850	9867	923	24024	24024	0.45	ok
<b>P02</b>	14553	9928	1244	23206	23206	0.48	ok
<b>P03</b>	15029	10032	730	23514	23514	0.46	ok
<b>P04</b>	14230	9963	945	22981	22981	0.47	ok
<b>P05</b>	15860	9709	922	24030	24030	0.44	ok

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

PILA	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	FS	check
<b>P01</b>	9657	939	3784	19378	19378	0.24	ok
<b>P02</b>	8886	1394	7713	18684	18684	0.49	ok
<b>P03</b>	9173	1593	8229	19944	19944	0.49	ok
<b>P04</b>	8643	1164	5735	18462	18462	0.37	ok
<b>P05</b>	9652	909	3781	19374	19374	0.24	ok

Ancora, si riporta, a titolo esemplificativo, l'output di VCASLU per la pila P03 nella condizione di minimo sforzo assiale:

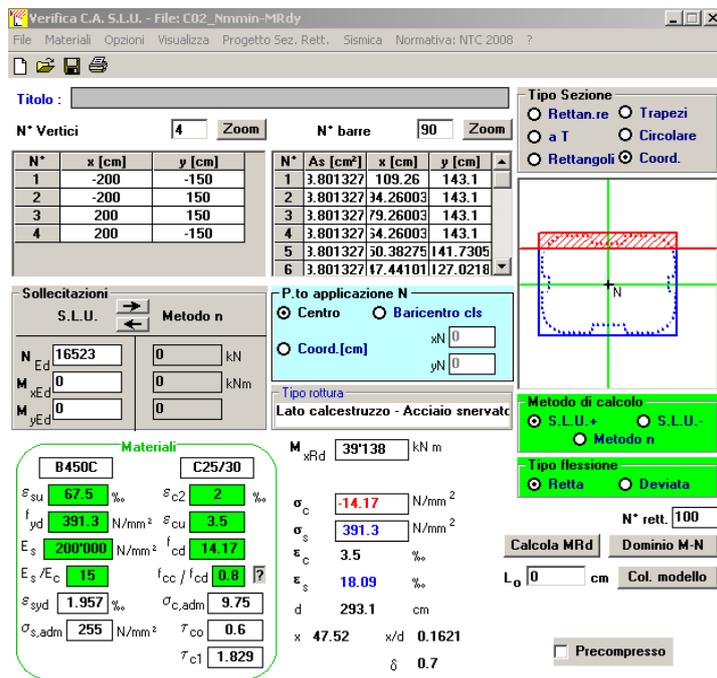


Figura 4.2 - Momento resistente  $M_{Rd}$  in condizioni di  $N_{min}$

## 4.2 S.L.U. – VERIFICA A 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 (Figura 12). 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.

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

PILA	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Edx}$ [kNm]	$V_{Edy}$ [kNm]
P01	9657	761	94
P02	8886	754	111
P03	9173	708	116
P04	8643	733	105
P05	9652	761	97

### Caso di Sollecitazione $F_{x,max}$

PILA	$V_{Edx}$ [kNm]	$V_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]
P01	761	94	9657
P02	754	111	8886
P03	708	116	9173
P04	733	105	8643



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 56 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 4.3 S.L.E. – VERIFICA A 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.

Le azioni prese in considerazione sono le seguenti:

SLE_Frequente			SLE_Quasi Permanente		
<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{min}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{min}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
<b>7036</b>	4390	867	<b>8534</b>	350	826
<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{max}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{max}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
<b>11929</b>	3700	690	<b>9632</b>	536	659
<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{x,max}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{x,max}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
7036	<b>4390</b>	867	9632	<b>536</b>	659
<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{y,max}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{y,max}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
11001	3404	<b>1159</b>	8775	327	<b>1084</b>

Tabella 4.1: Tensioni di riferimento

		comb. FREQUENTE	comb. QUASI PERM.
<b>Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		w2=0.30 mm	w1=0.20 mm
[MPa]		Ø	Ø
160		32	25
200		25	16
240		16	12
280		12	8
320		10	6
360		8	-
<b>Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		w2=0.30 mm	w1=0.20 mm
[MPa]		Ø	Ø
160		300	200
200		250	150
240		200	100
280		150	50
320		100	-

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 57 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

360		50	-
-----	--	----	---

<b>Frequente</b>	comb_N <sub>min</sub>	comb_M <sub>X,max</sub>	comb_M <sub>Y,max</sub>	
$\sigma_{s,max}$	= 231	231	231	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= <b>3.64</b>	<b>3.64</b>	-	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	= 63.54	63.54	tutta compressa	se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok	

<b>Quasi Permanente</b>	comb_N <sub>min</sub>	comb_M <sub>X,max</sub>	comb_M <sub>Y,max</sub>	
$\sigma_{s,max}$	= 160	160	160	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= -	-	-	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	= tutta compressa	tutta compressa	tutta compressa	se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok	

Si riporta, a titolo esemplificativo, l'output di VCSLU nel caso della combinazione frequente N<sub>min</sub>:

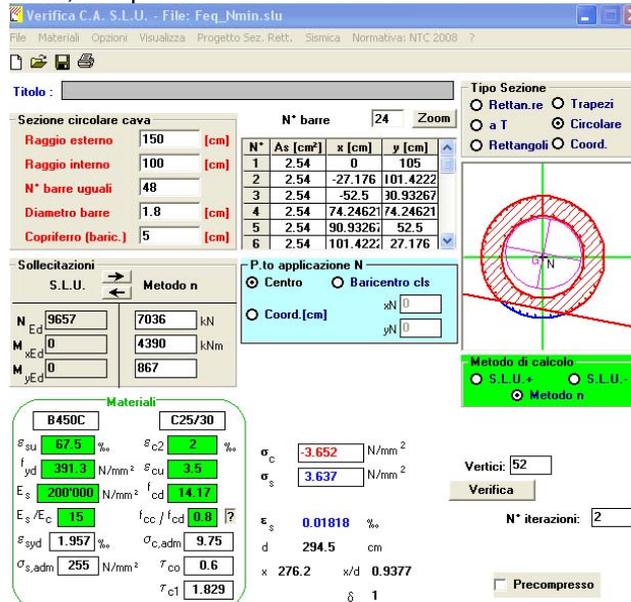


Figura 4.3: Tensioni allo SLE combinazione frequente per N<sub>min</sub>

#### 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.

SLE_Caratteristica			SLE_Quasi Permanente		
Caso di Sollecitazione N <sub>min</sub>			Caso di Sollecitazione N <sub>min</sub>		
N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Edx</sub> [kNm]	M <sub>Edy</sub> [kNm]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Edx</sub> [kNm]	M <sub>Edy</sub> [kNm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 58 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>7036</b>	5059	853	<b>8534</b>	350	826
<b>Caso di Sollecitazione N<sub>max</sub></b>			<b>Caso di Sollecitazione N<sub>max</sub></b>		
<b>N<sub>Ed</sub> [kN]</b>	<b>M<sub>Edx</sub> [kNm]</b>	<b>M<sub>Edy</sub> [kNm]</b>	<b>N<sub>Ed</sub> [kN]</b>	<b>M<sub>Edx</sub> [kNm]</b>	<b>M<sub>Edy</sub> [kNm]</b>
<b>11929</b>	4115	709	<b>9632</b>	536	659
<b>Caso di Sollecitazione M<sub>x,max</sub></b>			<b>Caso di Sollecitazione M<sub>x,max</sub></b>		
<b>N<sub>Ed</sub> [kN]</b>	<b>M<sub>Edx</sub> [kNm]</b>	<b>M<sub>Edy</sub> [kNm]</b>	<b>N<sub>Ed</sub> [kN]</b>	<b>M<sub>Edx</sub> [kNm]</b>	<b>M<sub>Edy</sub> [kNm]</b>
7509	<b>5193</b>	485	9632	<b>536</b>	659
<b>Caso di Sollecitazione M<sub>y,max</sub></b>			<b>Caso di Sollecitazione M<sub>y,max</sub></b>		
11001	4246	<b>1178</b>	8775	327	<b>1084</b>

### Materiali

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

**comb\_N<sub>max</sub>    comb\_M<sub>x,max</sub>    comb\_M<sub>y,max</sub>**  
**RARA            RARA            RARA**

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

σ <sub>c</sub>	=	14.9	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	<b>4.0</b>	<b>4.7</b>	<b>4.6</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.74	3.20	3.28		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok		

**comb\_N<sub>max</sub>    comb\_M<sub>x,max</sub>    comb\_M<sub>y,max</sub>**  
**QUASI PERM.    QUASI PERM.    QUASI PERM.**

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

σ <sub>c</sub>	=	11.2	11.2	11.2	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	<b>2.7</b>	<b>2.7</b>	<b>2.6</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		4.20	4.20	4.33		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok		

**comb\_N<sub>min</sub>    comb\_M<sub>x,max</sub>    comb\_M<sub>y,max</sub>**  
**RARA            RARA            RARA**

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

σ <sub>s</sub>	=	360.0	360.0	360.0	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
σ <sub>s,Sd</sub>	=	<b>10.0</b>	<b>7.8</b>	-	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		36.13	46.07	tutta compressa		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 59 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## 5 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

Si riporta al presente paragrafo la verifica all'instabilità delle pile della carreggiata SX del viadotto. Tale verifica viene condotta facendo riferimento ad un metodo algebrico così come consentito dalle NTC al punto 4.1.2.1.7.2. In particolare, si impiega il cosiddetto metodo della "curvatura nominale" riportato sulla UNI EN 1992-1-1:2005 al punto 5.8.

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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 60 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 5.1.2 Viscosità

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

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

dove:

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

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

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

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

### 5.1.3 Momenti flettenti

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

5.8.8.2

Momenti flettenti

(1) Il momento di progetto è:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2 \quad (5.31)$$

dove:

$M_{0Ed}$  è il momento del primo ordine, che tiene conto dell'effetto delle imperfezioni, vedere anche punto 5.8.8.2 (2);

$M_2$  è il momento del secondo ordine nominale, vedere punto 5.8.8.2 (3).

Il valore massimo di  $M_{Ed}$  è dato dalle distribuzioni di  $M_{0Ed}$  e  $M_2$ ; quest'ultimo può essere preso come parabolico oppure sinusoidale sulla lunghezza libera d'inflessione.

Nota Nel caso di elementi iperstatici,  $M_{0Ed}$  è determinato per le condizioni reali di vincolo, mentre  $M_2$  dipenderà dalle condizioni di vincolo attraverso la lunghezza libera d'inflessione, vedere punto 5.8.8.1 (1).

(2) Momenti diversi del primo ordine alle estremità  $M_{01}$  e  $M_{02}$  possono essere sostituiti con un momento del primo ordine equivalente di estremità  $M_{0e}$ :

$$M_{0e} = 0,6 M_{02} + 0,4 M_{01} \geq 0,4 M_{02} \quad (5.32)$$

$M_{01}$  e  $M_{02}$  dovrebbero avere lo stesso segno se essi provocano trazione sullo stesso lato, altrimenti segni opposti. Inoltre,  $|M_{02}| \geq |M_{01}|$ .

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 61 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

- (3) Il momento nominale del secondo ordine  $M_2$  nell'espressione (5.31) è

$$M_2 = N_{Ed} e_2 \quad (5.33)$$

dove:

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

$e_2$  è l'inflessione =  $(1/r) l_0^2 / c$ ;

$1/r$  è la curvatura, vedere punto 5.8.8.3;

$l_0$  è la lunghezza libera d'inflessione, vedere punto 5.8.3.2;

$c$  è un fattore che dipende dalla distribuzione della curvatura, vedere punto 5.8.8.2 (4).

- (4) Nel caso di sezione trasversale costante, si utilizza generalmente  $c = 10$  ( $\approx \pi^2$ ). Se il momento del primo ordine è costante, si raccomanda di utilizzare un valore minore (8 è un limite inferiore, che corrisponde a momento totale costante).

Nota Il valore  $\pi^2$  corrisponde ad una distribuzione di curvatura sinusoidale. Il valore per una curvatura costante è 8. Si noti che  $c$  dipende dalla distribuzione della curvatura totale, mentre  $c_0$  nel punto 5.8.7.3 (2) dipende soltanto dalla curvatura corrispondente al momento del primo ordine.

## 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:

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

dove:

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

$K_\phi$  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).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 62 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

- (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:

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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 63 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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.

## 5.2 VERIFICA ALL'INSTABILITÀ

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

- sforzo normale massimo ( $N_{xmax}$ );
- momento trasversale massimo ( $M_{xmax}$ );
- momento longitudinale massimo ( $M_{ymax}$ ).

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 all'instabilità - Momenti di calcolo del secondo ordine

In questo paragrafo si riportano i dettagli dei calcoli di verifica all'instabilità eseguiti secondo i criteri esposti ai paragrafi precedenti. Tale verifica viene condotta solo per gli elementi per i quali la snellezza risulta maggiore della snellezza limite essendo, negli altri casi, non necessaria.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 64 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### **PILA P01**

	<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	= 30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	= 32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	= 31447	31447	31447	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
$\varepsilon_{yd}$	= 0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria elemento</b>					
$d_x$	= 2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= 2.95	2.95	2.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= 3.93	3.93	3.93	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	= 4.50	4.50	4.50	m	altezza elemento
$J_x$	= 3.19	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	= 3.19	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	= 0.90	0.90	0.90	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 0.90	0.90	0.90	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$n$	= 72.00	72.00	72.00		numero barre
$\varnothing$	= 18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
$A_s$	= 18322	27370	27370	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.13	0.19	0.19		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
$L_{0x}$	= 9.00	9.00	9.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	= 9.00	9.00	9.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	= 9.99	9.99	9.99		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 9.99	9.99	9.99		snellezza trasversale
$\lambda$	= 9.99	9.99	9.99		snellezza massima
<b>Sollecitazioni</b>					
$N_{Ed}$	= 17011	15850	9657	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= 6907	9867	939	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	= 6907.1	9867.2	939.1	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	= 0.0	0.0	0.0	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	= 922	923	3784	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine
<b>Valutazione della snellezza limite</b>					
$A$	= 0.70	0.70	0.70		
$B$	= 1.12	1.18	1.18		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)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 65 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

n	=	0.3068	0.2858	0.1741	forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	19.85	21.58	27.65	snellezza limite
FS	=	1.99	2.16	2.77	se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	ok	ok	ok	

## **PILA P02**

		<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	=	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	=	31447	31447	31447	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
$\varepsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo

### **Geometria elemento**

$d_x$	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	=	3.93	3.93	3.93	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
L	=	10.00	10.00	10.00	m	altezza elemento
$J_x$	=	3.19	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	3.19	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.90	0.90	0.90	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	0.90	0.90	0.90	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia trasversale
n	=	72.00	72.00	72.00		numero barre
$\varnothing$	=	18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
$A_s$	=	18322	27370	27370	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.13	0.19	0.19		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
$L_{0x}$	=	20.00	20.00	20.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	=	20.00	20.00	20.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	=	22.20	22.20	22.20		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	22.20	22.20	22.20		snellezza trasversale
$\lambda$	=	22.20	22.20	22.20		snellezza massima

### **Valutazione della snellezza limite**

A	=	0.70	0.70	0.70		
B	=	1.12	1.18	1.18		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	=	0.2859	0.2624	0.1602		forza assiale adimensionale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Arenella I</b>		
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX		
	Pagina 66 di 97		
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc		

$\lambda_{lim}$	=	20.56	22.52	28.82		snellezza limite
FS	=	0.93	1.01	1.30		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	no	ok	ok		
$\vartheta_0$	=	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		
$e_{ix}$	=	0.03	0.03	0.03	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	=	0.03	0.03	0.03	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>						
$N_{Ed}$	=	15856	14553	8886	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	7159	9928	1394		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	7158.5	9928.1	1393.7		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	1243	1244	7713		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	7687	10413	1690		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	7687	10413	1690		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	528.52	485.11	296.19		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	1771.29	1729.40	8009.46		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	7687.0	10413.2	1689.9	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	1274.2	1231.7	4924.2	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Buckling</b>						
$n_u$	=	1.1293	1.2414	1.2414		
$n_{bal}$	=	0.40	0.40	0.40		
$K_r$	=	1.156	1.163	1.285		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
<b>Buckling longitudinale</b>						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	=	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_x$	=	0.327	0.327	0.327		
$K_{\varphi x}$	=	1.48371483	1.48371483	1.48371483		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0.0014	0.0014	0.0014		
$(1/r)_x$	=	0.0025	0.0025	0.0027		curvatura longitudinale
$e_{2x}$	=	0.100	0.100	0.111	m	inflessione longitudinale
$M_{2y}$	=	1577.7	1457.0	982.4	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	2851.9	2688.6	5906.6	kNm	momento di progetto longitudinale
<b>Buckling trasversale</b>						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	=	0.327	0.327	0.327		
$K_{\varphi y}$	=	1.484	1.484	1.484		
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 67 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.003		curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.100	0.100	0.111	m	inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	1577.7	1457.0	982.4	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	9264.7	11870.2	2672.3	kNm	momento di progetto trasversale

#### Buckling flessione deviata - verifica geometrica

$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.00	1.00	1.00		rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	3.12	3.12	3.12	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.12	3.12	3.12	m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.05	0.05	0.52	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.45	0.68	0.16	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.080	0.085	0.554	m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.48	0.72	0.19	m	eccentricità trasversale
$e/b$	=	0.17	0.12	2.91		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.18	0.12	3.53		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.10	0.07	2.74		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali

#### Buckling flessione deviata - verifica semplificata

$\alpha$	=	1.0	1.0	1.0		
$N_{Rd}$	=	-	-	68840	kN	forza nominale resistente
$a$	=	-	-	1.50		esponente del dominio
$N_{Ed}$	=	-	-	8886	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	-	-	18684	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	-	-	18684	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0.232		se $< 1$ verifica soddisfatta
		-	-	ok		

#### PressoFlessione Retta

##### Comb.

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]		FS
	15856	2852	24027	ok	8.43
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	15856	9265	24027	ok	2.59
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	14553	11870	23206	ok	1.95
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]		
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata

#### PILA P03

	$N_{max}$	$M_{x,max}$	$M_{y,max}$		
$R_{ck}$	=	30	30	30	MPa resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	MPa resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	14.11	14.11	MPa resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	MPa resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	=	31447	31447	31447	MPa modulo elastico istantaneo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 68 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$f_{yk}$	=	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
$\varepsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria elemento</b>						
$d_x$	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	=	3.93	3.93	3.93	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	=	11.50	11.50	11.50	m	altezza elemento
$J_x$	=	3.19	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	3.19	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.90	0.90	0.90	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	0.90	0.90	0.90	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$n$	=	72.00	72.00	72.00		numero barre
$\varnothing$	=	18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
$A_s$	=	18322	27370	27370	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.13	0.19	0.19		rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
$L_{0x}$	=	23.00	23.00	23.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	=	23.00	23.00	23.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	=	25.53	25.53	25.53		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	25.53	25.53	25.53		snellezza trasversale
$\lambda$	=	25.53	25.53	25.53		snellezza massima
<b>Valutazione della snellezza limite</b>						
$A$	=	0.70	0.70	0.70		
$B$	=	1.12	1.18	1.18		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)
$n$	=	0.2936	0.2710	0.1654		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	20.29	22.16	28.37		snellezza limite
$FS$	=	0.79	0.87	1.11		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	no	no	ok		
$\vartheta_0$	=	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		
$e_{ix}$	=	0.04	0.04	0.04	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	=	0.04	0.04	0.04	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>						
$N_{Ed}$	=	16280	15029	9173	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	7318	10032	1593		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	7317.7	10032.3	1592.6		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 69 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$M_{2,y}$	=	730	730	8229		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	7942	10608	1944		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	7942	10608	1944		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	624.08	576.11	351.65		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	1354.14	1306.30	8580.41		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	7941.8	10608.4	1944.3	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	1062.1	1014.2	5288.9	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente

#### Buckling

$n_u$	=	1.1293	1.2414	1.2414		
$n_{bal}$	=	0.40	0.40	0.40		
$K_r$	=	1.146	1.153	1.279		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
$\beta_x$	=	0.304	0.304	0.304		
$K_{\varphi x}$	=	1.45082761	1.45082761	1.45082761		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0.0014	0.0014	0.0014		
$(1/r)_x$	=	0.0024	0.0024	0.0027		curvatura longitudinale
$e_{2x}$	=	0.128	0.128	0.142	m	inflessione longitudinale
$M_{2y}$	=	2075.9	1928.6	1305.3	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	3138.0	2942.8	6594.2	kNm	momento di progetto longitudinale

#### Buckling trasversale

$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	=	0.304	0.304	0.304		
$K_{\varphi y}$	=	1.451	1.451	1.451		
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.003		curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.128	0.128	0.142	m	inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	2075.9	1928.6	1305.3	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	10017.6	12537.0	3249.6	kNm	momento di progetto trasversale

#### Buckling flessione deviata - verifica geometrica

$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.00	1.00	1.00		rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	3.12	3.12	3.12	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.12	3.12	3.12	m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.03	0.03	0.54	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.45	0.67	0.17	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.065	0.067	0.577	m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.49	0.71	0.21	m	eccentricità trasversale
$e/b$	=	0.13	0.10	2.72		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.15	0.10	3.32		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni 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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 70 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$(e/b)_y$	=	0.06	0.04	2.54		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>						
$\alpha$	=	1.0	1.0	1.0		
$N_{Rd}$	=	-	-	68840	kN	forza nominale resistente
$a$	=	-	-	1.50		esponente del dominio
$N_{Ed}$	=	-	-	9173	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=			18944	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=			18944	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0.276		se <1 verifica soddisfatta
		-	-	ok		

#### PressoFlessione Retta

##### Comb.

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]		<b>FS</b>
	16280	3138	<b>24281</b>	ok	7.74
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	16280	10018	<b>24281</b>	ok	2.42
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	15029	12537	<b>23514</b>	ok	1.88
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]		
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata

#### PILA P04

	<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	=	30	30	30	MPa resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	MPa resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	14.11	14.11	MPa resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	MPa resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	=	31447	31447	31447	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
$\varepsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190	deformazione allo snervamento di calcolo

##### Geometria elemento

$d_x$	=	2.95	2.95	2.95	m altezza utile longitudinale
$d_y$	=	2.95	2.95	2.95	m altezza utile trasversale
$A_c$	=	3.93	3.93	3.93	m <sup>2</sup> area sezione trasversale
$L$	=	7.50	7.50	7.50	m altezza elemento

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 71 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$J_x$	=	3.19	3.19	3.19	$m^4$	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	3.19	3.19	3.19	$m^4$	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.90	0.90	0.90	$m^4$	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	0.90	0.90	0.90	$m^4$	raggio d'inerzia trasversale
$n$	=	72.00	72.00	72.00		numero barre
$\varnothing$	=	18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
$A_s$	=	18322	27370	27370	$mm^2$	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.13	0.19	0.19		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
$L_{0x}$	=	15.00	15.00	15.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	=	15.00	15.00	15.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	=	16.65	16.65	16.65		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	16.65	16.65	16.65		snellezza trasversale
$\lambda$	=	16.65	16.65	16.65		snellezza massima

#### Sollecitazioni

$N_{Ed}$	=	15532	14230	8643	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	7050	9963	1164	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	7050.5	9963.1	1164.3	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	943	945	5735	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine

#### Valutazione della snellezza limite

$A$	=	0.70	0.70	0.70		
$B$	=	1.12	1.18	1.18		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)
$n$	=	0.2801	0.2566	0.1559		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	20.77	22.78	29.23		snellezza limite
$FS$	=	1.25	1.37	1.76		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	ok	ok	ok		

#### PILA P05

		<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	=	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	=	31447	31447	31447	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
$\varepsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo

#### Geometria elemento

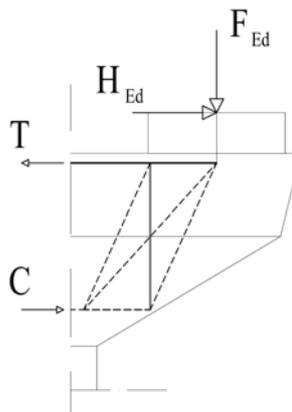
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 72 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$d_x$	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	=	3.93	3.93	3.93	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
L	=	4.50	4.50	4.50	m	altezza elemento
$J_x$	=	3.19	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	3.19	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.90	0.90	0.90	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	0.90	0.90	0.90	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia trasversale
n	=	72.00	72.00	72.00		numero barre
$\varnothing$	=	18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
$A_s$	=	18322	27370	27370	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.13	0.19	0.19		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
$L_{0x}$	=	9.00	9.00	9.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	=	9.00	9.00	9.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	=	9.99	9.99	9.99		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	9.99	9.99	9.99		snellezza trasversale
$\lambda$	=	9.99	9.99	9.99		snellezza massima
<b>Sollecitazioni</b>						
NEd	=	17004	15860	9652	kN	sforzo normale di calcolo
M1,x	=	6817	9709	909	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
M2,x	=	6816.6	9708.7	909.0	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
M1,y	=	0.0	0.0	0.0	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine
M2,y	=	921	922	3781	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine
<b>Valutazione della snellezza limite</b>						
A	=	0.70	0.70	0.70		
B	=	1.12	1.18	1.18		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	=	0.3066	0.2860	0.1741		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	19.85	21.58	27.66		snellezza limite
FS	=	1.99	2.16	2.77		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	ok	ok	ok		

## 6 VERIFICA DEL PULVINO

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 73 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc



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

	<b>Fz</b>	<b>V</b>	<b>Appoggio</b>	<b>Pila</b>
<b>Fz,max</b>	8351.0	113.8	LN_P1_DX	P01-sx
<b>V,max</b>	4141.5	354.0	LN_P5_DX	P05-sx

LN\_P1\_DX = appoggio destro pila P01 carreggiata sinistra

LN\_P5\_DX = appoggio sinistro pila P05 carreggiata sinistra

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

#### Bridge Cap - Strut & Tie Model

##### Materiali

$R_{ck}$	=	30	30	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ck}$	=	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{cd}$	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	1.18	1.18		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\beta_2$	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\beta_3$	=	0.88	0.88		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	17.64	17.64	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi
$\sigma_{2Rd,max}$	=	14.95	14.95	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione
$\sigma_{3Rd,max}$	=	13.15	13.15	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione

##### Mensola

	<b>Fz,max</b>	<b>V,max</b>		
	<b>LN_P1_DX</b>	<b>LN_P5_DX</b>		Id. elemento
	<b>P01-sx</b>	<b>P05-sx</b>		
$F_{Ed}$	=	8351	4141.5	kN azione verticale di calcolo appoggio 1
$H_{Ed}$	=	114	354.0	kN azione orizzontale di calcolo appoggio 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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 74 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## Geometria

$a_c$	=	2000	2000	mm	distanza asse appoggio 1 estradosso pila
B	=	3200	3200	mm	larghezza pulvino
$h_c$	=	1500	1500	mm	altezza pulvino
c	=	200	200	mm	copriferro (armatura su 3 strati distanti 150 mm)
s	=	0	0	mm	altezza dente estradosso pulvino
$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo 1
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo 1
$b_3$	=	490	490	mm	altezza baggiolo 1
		Hbe	Hbe		id baggioli
d	=	1300	1300	mm	altezza utile
z	=	1040	1040	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	148.0	73.4	mm	larghezza collaborante pila
$y_1$	=	208.0	208.0	mm	altezza biella compressa
a	=	2074.0	2036.7	mm	distanza tra $F_{Ed}$ e asse 1 larghezza pila collaborante
$a_H$	=	690	690	mm	distanza tra $H_{Ed}$ e armatura
C	=	16729	8345	kN	risultante di compressione
T	=	16843	8699	kN	risultante di trazione

## Verifiche Puntone-Tirante

$\sigma_c$	=	12.57	6.27	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	1.40	2.81		check (if >1 verified)
n	=	90	90		numero ferri superiore
$\emptyset$	=	26	26	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	47783.6	47783.6	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	352	182	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	1.11	2.15		check (if >1 verified)

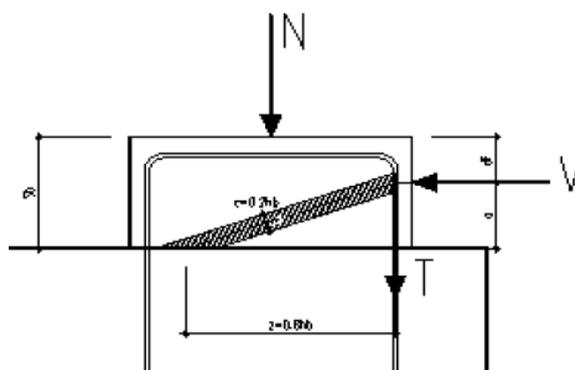
## Armatura a Taglio

		verticali	verticali		disposizione staffe
$F_{wd}$	=	8318.8	4026.6	kN	risultante forza di taglio
$n_w$	=	8	8		numero staffe
$s_w$	=	100	100	mm	passo staffe
$\emptyset_w$	=	14	14	mm	diametro staffe
$k_2$	=	0.50	0.50		coefficiente per l'armatura a taglio minima
$A_{s,lnk}$	=	10670.8	5292.0	mm <sup>2</sup>	armatura minima a taglio
$A_{sw}$	=	25541.2	25081.9	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
$\sigma_s$	=	326	161	MPa	tensione di trazione staffe
FS	=	1.20	2.44		check (se >1 verificato)

## 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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 75 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc



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 baggio

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

### Bridge Cap - Strut & Tie Model

#### Materiali

R <sub>ck</sub>	=	30	30	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>ck</sub>	=	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>cd</sub>	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f <sub>yd</sub>	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
β <sub>1</sub>	=	1.18	1.18		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
β <sub>2</sub>	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
β <sub>3</sub>	=	0.88	0.88		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
σ <sub>1Rd,max</sub>	=	17.64	17.64	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi
σ <sub>2Rd,max</sub>	=	14.95	14.95	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi
σ <sub>3Rd,max</sub>	=	13.15	13.15	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi

F<sub>z,max</sub>      V<sub>,max</sub>

#### Mensola

		LN_P1_DX P01-sx	LN_P5_DX P05-sx		Id. elemento
F <sub>Ed</sub>	=	8351	4142	kN	azione verticale di calcolo appoggio 1
H <sub>Ed</sub>	=	114	354	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio 1

#### Verifica baggio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 76 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_3$	=	490	490	mm	altezza baggiolo
$c$	=	30	30	mm	copriferro
$d$	=	1070	1070	mm	altezza utile
$z$	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	5.9	18.2	mm	larghezza collaborante
$y_1$	=	171.2	171.2	mm	altezza biella compressa
$a$	=	492.9	499.1		
$\alpha$	=	0.52	0.53	rad	
$C$	=	131.37	409.75	kN	risultante di compressione
$T$	=	65.56	206.40	kN	risultante di trazione

#### Verifiche Puntone-Tirante

$\sigma_c$	=	0.35	1.09	MPa	risultante di compressione
FS	=	50.57	16.21		risultante di trazione
$n$	=	6	6		numero ferri superiore
$\varnothing$	=	14	14	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	923.6	923.6	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	71	223	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	5.51	1.75		check (if >1 verified)

#### Verifiche armatura a fenditura

$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_3$	=	490	490	mm	altezza baggiolo
$b_0$	=	950	950	mm	larghezza appoggio
$T$	=	345	171	kN	
$A_s$	=	882	437	mmq	armatura necessaria
$p$	=	100	100	mm	passo
$n_{str}$	=	5	5		numero strati
$n_{br}$	=	8	8		numero bracci x strato
$\varnothing_w$	=	14	14	mm	diametro staffe
$A_{sw}$	=	6034.4	6034.4	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
		6.84	13.80		check (se >1 verificato)
		ok	ok		

## 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:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 77 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

V	=	12310	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	=	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	=	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	=	2814	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>g</sub>	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	=	1049	kg	peso dell'isolatore

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

**Tabella 7.1: Matrice dei coefficienti di combinazione agli SLC**

	Comb_SLC					
	SLC1	SLC2	SLC3	SLC4	SLC5	SLC6
01) g1-imp	1	1	1	1	1	1
02) g2	1	1	1	1	1	1
03) e2	1	1	1	1	1	1
04) e3.1	0.5	0	0.5	0	0.5	0
05) e3.2	0	0.5	0	0.5	0	0.5
06) q1	0	0	0	0	0	0
07) q1	0	0	0	0	0	0
08) q3	0	0	0	0	0	0
09) q4	0	0	0	0	0	0
10) q5-imp	0	0	0	0	0	0
11) SLC1	1	1	0	0	0	0
12) SLC2	0	0	1	1	0	0
13) SLC3	0	0	0	0	1	1

**Tabella 7.2: Matrice dei coefficienti di combinazione agli SLU**

	Comb_SLU					
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6
01) g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
02) g2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
03) e2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
04) e3.1	0.72	0	1.2	0	0.72	0
05) e3.2	0	0.72	0	1.2	0	0.72
06) q1	1.01	1.01	1.01	1.01	1.35	1.35
07) q1	0	0	0	0	0	0
08) q3	0	0	0	0	0	0
09) q4	0	0	0	0	0	0
10) q5-imp	1.5	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9
11) SLC1	0	0	0	0	0	0
12) SLC2	0	0	0	0	0	0
13) SLC3	0	0	0	0	0	0

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 78 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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:

LN\_Pi\_DX è l'isolatore destro della P0i-esima pila;

LN\_Pi\_SX\_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.

LN_P1_DX	Fz [kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	4146.4	435.2	61.2	143.6	20.2	145.1
SLC2	4159.6	448.2	61.9	147.9	20.4	149.3
SLC3	4153.4	163.0	195.6	53.8	64.6	84.0
SLC4	4166.6	176.1	196.3	58.1	64.8	87.0
SLC5	4308.4	162.4	60.3	53.6	19.9	57.2
SLC6	4321.6	175.5	61.0	57.9	20.1	61.3
SLU1	7628.4	63.0	131.8	20.8	43.5	48.2
SLU2	7647.4	81.8	132.8	27.0	43.8	51.5
SLU3	7640.5	71.3	80.9	23.5	26.7	35.6
SLU4	7672.2	102.5	82.5	33.8	27.2	43.4
SLU5	8331.9	60.7	80.6	20.0	26.6	33.3
SLU6	8351.0	79.5	81.5	26.2	26.9	37.6
LN_P1_SX	Fz [kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	4292.9	434.0	61.2	143.2	20.2	144.7
SLC2	4311.2	446.9	61.9	147.5	20.4	148.9
SLC3	4299.6	162.6	195.6	53.7	64.6	83.9
SLC4	4317.9	175.5	196.3	57.9	64.8	86.9
SLC5	4457.1	161.9	60.3	53.4	19.9	57.0
SLC6	4475.4	174.8	61.0	57.7	20.1	61.1
SLU1	7486.9	65.3	131.5	21.6	43.4	48.5
SLU2	7513.2	83.9	132.5	27.7	43.7	51.8
SLU3	7508.9	72.4	80.6	23.9	26.6	35.8
SLU4	7552.8	103.4	82.2	34.1	27.1	43.6
SLU5	8081.3	62.0	80.1	20.5	26.4	33.4
SLU6	8107.7	80.6	81.1	26.6	26.8	37.7
LN_P2_DX	Fz [kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	3592.5	405.0	63.4	133.7	20.9	135.3
SLC2	3598.7	411.4	64.1	135.8	21.2	137.4
SLC3	3604.8	137.7	204.2	45.5	67.4	81.3
SLC4	3610.9	144.1	204.9	47.6	67.6	82.7
SLC5	3760.1	137.2	63.1	45.3	20.8	49.8
SLC6	3766.2	143.6	63.9	47.4	21.1	51.9
SLU1	6790.7	30.8	143.0	10.2	47.2	48.3
SLU2	6799.6	40.0	144.1	13.2	47.5	49.3
SLU3	6797.0	34.9	89.3	11.5	29.5	31.6
SLU4	6811.8	50.2	91.0	16.6	30.0	34.3
SLU5	7473.2	29.7	90.1	9.8	29.7	31.3
SLU6	7482.0	38.9	91.1	12.8	30.1	32.7
LN_P2_SX	Fz [kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 79 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SLC1	3522.7	404.1	63.4	133.4	20.9	135.0
SLC2	3524.6	410.4	64.1	135.5	21.2	137.1
SLC3	3535.6	137.3	204.2	45.3	67.4	81.2
SLC4	3537.4	143.7	204.9	47.4	67.6	82.6
SLC5	3691.6	136.8	63.1	45.1	20.8	49.7
SLC6	3693.5	143.1	63.9	47.2	21.1	51.7
SLU1	6402.7	32.0	140.6	10.6	46.4	47.6
SLU2	6405.3	41.2	141.6	13.6	46.7	48.7
SLU3	6401.0	35.5	86.9	11.7	28.7	31.0
SLU4	6405.5	50.8	88.6	16.8	29.2	33.7
SLU5	6982.9	30.4	86.8	10.0	28.7	30.4
SLU6	6985.6	39.5	87.9	13.1	29.0	31.8

<b>LN_P3_DX</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	3582.9	379.0	64.3	125.1	21.2	126.9
SLC2	3583.3	379.0	65.1	125.1	21.5	126.9
SLC3	3596.1	114.4	206.3	37.8	68.1	77.9
SLC4	3596.5	114.4	207.0	37.8	68.3	78.1
SLC5	3752.7	113.8	64.0	37.6	21.1	43.1
SLC6	3753.1	113.8	64.7	37.6	21.4	43.2
SLU1	6789.9	0.2	146.8	0.1	48.4	48.4
SLU2	6790.4	0.2	147.9	0.1	48.8	48.8
SLU3	6788.7	0.1	92.3	0.0	30.5	30.5
SLU4	6789.7	0.1	94.1	0.0	31.0	31.0
SLU5	7478.2	0.1	93.5	0.0	30.8	30.8
SLU6	7478.8	0.1	94.5	0.0	31.2	31.2

<b>LN_P3_SX</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	3685.3	378.2	64.3	124.8	21.2	126.6
SLC2	3689.3	378.2	65.1	124.8	21.5	126.7
SLC3	3698.5	114.2	206.3	37.7	68.1	77.8
SLC4	3702.6	114.2	207.0	37.7	68.3	78.0
SLC5	3855.9	113.5	64.0	37.5	21.1	43.0
SLC6	3860.0	113.6	64.7	37.5	21.4	43.1
SLU1	6617.6	0.2	143.6	0.1	47.4	47.4
SLU2	6623.5	0.2	144.7	0.1	47.7	47.7
SLU3	6623.8	0.1	89.1	0.0	29.4	29.4
SLU4	6633.6	0.2	90.9	0.1	30.0	30.0
SLU5	7205.5	0.1	89.2	0.0	29.4	29.4
SLU6	7211.4	0.2	90.3	0.1	29.8	29.8

<b>LN_P4_DX</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	3594.9	409.6	64.6	135.2	21.3	136.8
SLC2	3601.0	416.0	65.4	137.3	21.6	139.0
SLC3	3606.5	139.6	205.9	46.1	68.0	82.1
SLC4	3612.7	146.0	206.6	48.2	68.2	83.5
SLC5	3761.9	138.7	63.6	45.8	21.0	50.4
SLC6	3768.0	145.1	64.3	47.9	21.2	52.4
SLU1	6833.3	31.0	142.5	10.2	47.0	48.1
SLU2	6842.2	40.2	143.6	13.3	47.4	49.2
SLU3	6833.9	35.1	88.3	11.6	29.1	31.3
SLU4	6848.7	50.6	90.0	16.7	29.7	34.1
SLU5	7518.2	29.9	88.4	9.9	29.2	30.8
SLU6	7527.1	39.2	89.5	12.9	29.5	32.2

<b>LN_P4_SX</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 80 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SLC1	3523.3	408.6	64.6	134.8	21.3	136.5
SLC2	3525.1	415.0	65.4	137.0	21.6	138.6
SLC3	3535.2	139.4	205.9	46.0	68.0	82.1
SLC4	3537.0	145.8	206.6	48.1	68.2	83.4
SLC5	3691.0	138.3	63.6	45.6	21.0	50.2
SLC6	3692.8	144.7	64.3	47.8	21.2	52.3
SLU1	6431.9	32.3	140.9	10.7	46.5	47.7
SLU2	6434.6	41.5	141.9	13.7	46.8	48.8
SLU3	6424.1	35.8	86.6	11.8	28.6	30.9
SLU4	6428.5	51.2	88.3	16.9	29.2	33.7
SLU5	7010.2	30.7	86.3	10.1	28.5	30.2
SLU6	7012.9	39.9	87.3	13.2	28.8	31.7

<b>LN_P5_DX</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

SLC1	4147.7	434.9	62.9	143.5	20.8	145.0
SLC2	4161.0	447.9	63.6	147.8	21.0	149.3
SLC3	4150.7	163.7	194.9	54.0	64.3	84.0
SLC4	4163.9	176.7	195.5	58.3	64.5	87.0
SLC5	4310.0	162.4	60.3	53.6	19.9	57.2
SLC6	4323.3	175.4	61.0	57.9	20.1	61.3
SLU1	7618.5	63.0	131.9	20.8	43.5	48.2
SLU2	7637.6	81.7	132.8	27.0	43.8	51.5
SLU3	7633.5	71.2	81.1	23.5	26.8	35.6
SLU4	7665.4	102.3	82.7	33.8	27.3	43.4
SLU5	8323.1	60.6	80.8	20.0	26.7	33.3
SLU6	8342.2	79.4	81.7	26.2	27.0	37.6

<b>LN_P5_SX</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

SLC1	4287.5	433.6	62.9	143.1	20.8	144.6
SLC2	4305.7	446.6	63.6	147.4	21.0	148.9
SLC3	4291.3	163.6	194.9	54.0	64.3	84.0
SLC4	4309.5	176.5	195.5	58.2	64.5	86.9
SLC5	4451.8	161.8	60.3	53.4	19.9	57.0
SLC6	4470.1	174.7	61.0	57.7	20.1	61.1
SLU1	7468.5	65.3	131.3	21.5	43.3	48.4
SLU2	7494.7	83.9	132.2	27.7	43.6	51.7
SLU3	7493.2	72.3	80.5	23.9	26.6	35.7
SLU4	7537.0	103.3	82.1	34.1	27.1	43.5
SLU5	8064.3	61.9	79.9	20.4	26.4	33.4
SLU6	8090.5	80.5	80.9	26.6	26.7	37.7

<b>LN_SpA_DX</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

SLC1	1621.3	458.8	56.6	151.4	18.7	152.6
SLC2	1634.1	478.2	57.1	157.8	18.9	159.0
SLC3	1623.5	185.9	178.0	61.3	58.7	84.9
SLC4	1636.4	205.3	178.5	67.8	58.9	89.8
SLC5	1658.8	185.1	54.7	61.1	18.1	63.7
SLC6	1671.6	204.6	55.3	67.5	18.2	69.9
SLU1	3577.6	93.4	118.0	30.8	39.0	49.7
SLU2	3596.1	121.4	118.8	40.1	39.2	56.0
SLU3	3595.6	105.9	72.4	34.9	23.9	42.3
SLU4	3626.5	152.5	73.6	50.3	24.3	55.9
SLU5	4052.2	90.2	72.2	29.8	23.8	38.1
SLU6	4070.7	118.1	73.0	39.0	24.1	45.8

<b>LN_SpA_SX</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 81 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SLC1	1577.8	457.4	56.6	151.0	18.7	152.1
SLC2	1590.2	476.7	57.1	157.3	18.9	158.5
SLC3	1580.3	185.5	178.0	61.2	58.7	84.8
SLC4	1592.8	204.8	178.5	67.6	58.9	89.7
SLC5	1614.8	184.5	54.7	60.9	18.1	63.5
SLC6	1627.3	203.7	55.3	67.2	18.2	69.7
SLU1	3160.7	96.2	117.8	31.7	38.9	50.2
SLU2	3178.7	123.9	118.5	40.9	39.1	56.6
SLU3	3177.9	107.2	72.1	35.4	23.8	42.6
SLU4	3207.9	153.5	73.4	50.7	24.2	56.1
SLU5	3514.2	91.6	71.9	30.2	23.7	38.4
SLU6	3532.2	119.4	72.6	39.4	24.0	46.1

LN_SpB_DX	Fz [kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	1621.9	458.4	59.0	151.3	19.5	152.5
SLC2	1634.7	477.8	59.6	157.7	19.7	158.9
SLC3	1623.8	186.9	177.0	61.7	58.4	85.0
SLC4	1636.6	206.3	177.6	68.1	58.6	89.8
SLC5	1659.5	185.1	54.8	61.1	18.1	63.7
SLC6	1672.4	204.5	55.3	67.5	18.3	69.9
SLU1	3578.0	93.5	117.7	30.8	38.9	49.6
SLU2	3596.5	121.4	118.5	40.1	39.1	56.0
SLU3	3596.2	105.9	72.2	34.9	23.8	42.3
SLU4	3627.1	152.4	73.6	50.3	24.3	55.8
SLU5	4052.7	90.2	72.0	29.8	23.8	38.1
SLU6	4071.3	118.1	72.8	39.0	24.0	45.8

LN_SpB_SX	Fz [kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	1578.1	456.9	59.0	150.8	19.5	152.1
SLC2	1590.5	476.2	59.6	157.2	19.7	158.4
SLC3	1580.2	186.9	177.0	61.7	58.4	85.0
SLC4	1592.7	206.1	177.6	68.0	58.6	89.8
SLC5	1614.9	184.4	54.8	60.9	18.1	63.5
SLC6	1627.3	203.6	55.3	67.2	18.3	69.6
SLU1	3161.0	96.2	117.5	31.8	38.8	50.1
SLU2	3179.0	124.0	118.3	40.9	39.1	56.6
SLU3	3178.4	107.2	72.0	35.4	23.8	42.6
SLU4	3208.3	153.4	73.4	50.6	24.2	56.1
SLU5	3514.7	91.6	71.8	30.2	23.7	38.4
SLU6	3532.6	119.4	72.5	39.4	23.9	46.1

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

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

V	=	10980	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	=	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	=	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	=	2814	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>g</sub>	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	=	1049	kg	peso dell'isolatore

<b>V<sub>Sd,max</sub></b>	=	4475	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
---------------------------	---	------	----	---

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>	
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX	
	Pagina 82 di 97	
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc	

$F_{Sd,zd}$	=	8351	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
$d_{max}$	=	159	mm	spostamento massimo dell'impalcato
	=			
FS	=	2.45	ok	verifica sull'isolatore in fase di sisma
FS	=	2.54	ok	verifica sull'isolatore per carico verticale allo SLU in esercizio
FS	=	1.89	ok	spostamento dell'isolatore
$d_{giunto}$	=	318	mm	massima escursione del giunto
$d_{max} SLC$	=	159	mm	spostamento massimo in fase di sisma
$d_{max} SLU$	=	57	mm	spostamento massimo allo SLU

Le verifiche sul massimo carico agente in fase sismica e all'SLU sono soddisfatte con un fattore di sicurezza maggiore di 2. Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 159 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm. Dunque, l'isolatore scelto è completamente verificato per la carreggiata SX del viadotto in esame.

## 8 VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE

### 8.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

$R_{ck}$	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$E$	=	33643	MPa	modulo elastico calcestruzzo
$D$	=	1200	mm	diametro palo
$J$	=	101787601976	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
$K$	=	15000	kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
$B$	=	1800	mm	larghezza efficace del palo
$E_s$	=	27000	kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
$\lambda$	=	4.75	m	lunghezza elastica del palo
$h$	=	0.00	m	altezza tratto libero
$V_{max}$	=	95.9	kN	taglio alla testa del palo
$M_{max}$	=	228	kNm	massimo momento flettente

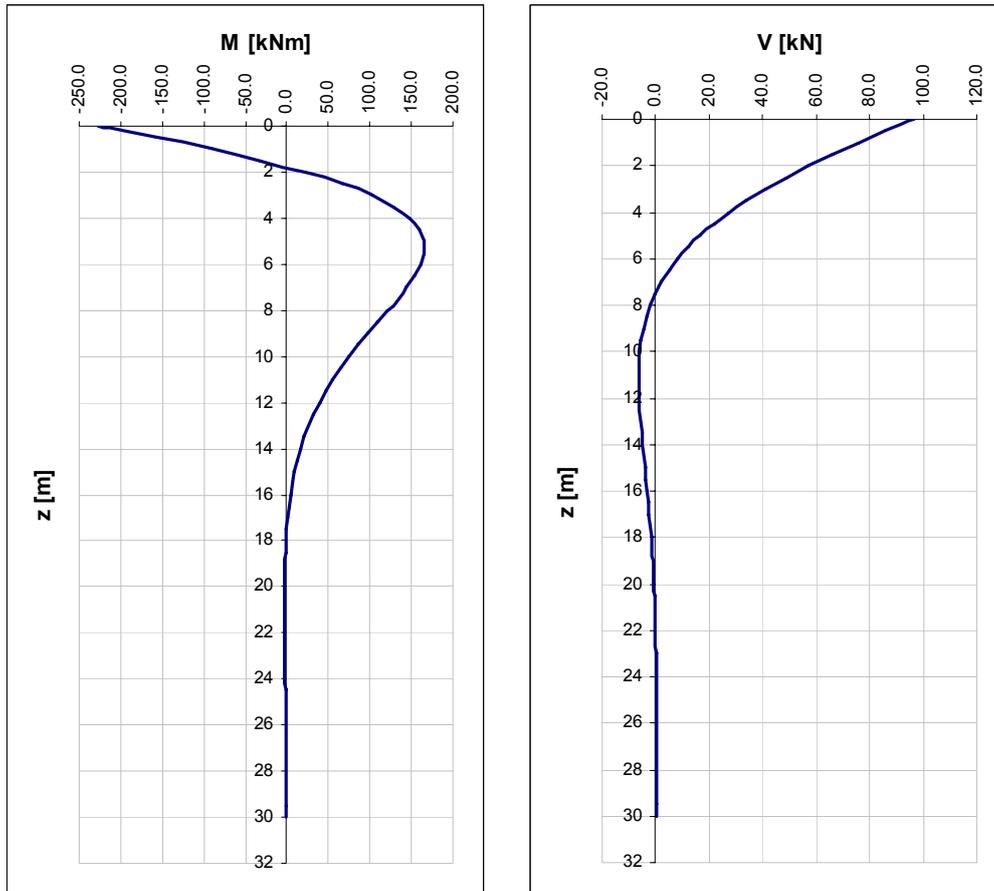


Figura 8.1 - Diagrammi del momento flettente e del taglio di calcolo

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

Si prevede armare tutti i pali con la medesima armatura longitudinale, costituita da 14Ø18. Si riporta di seguito la verifica della condizione più gravosa di palo sollecitato dal momento flettente massimo (corrispondente al massimo sforzo di taglio) e dallo sforzo di compressione corrispondente minimo.

Mmax = 228 kNm (massimo momento flettente);  
 N = 1621 kN (sforzo normale);  
 armatura longitudinale = 14Ø18  
 MRd = 1417 kNm (momento resistente).

Di seguito si riporta il calcolo del momento resistente di calcolo della sezione. La verifica è stata eseguita con il programma V.C.A.S.L.U.



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 85 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 8.1.2 S.L.U. – Verifica a taglio

La verifica di resistenza risulta soddisfatta se:

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

in cui:

in cui:

$$V_{Ed} = \text{taglio di calcolo}$$

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

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

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

dove:

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

D = diametro della sezione

d = altezza utile della sezione

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

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

s = interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$  = coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

La verifica è condotta facendo riferimento al palo soggetto al taglio massimo.

Sollecitazioni

$$V_{Sd} = 95.9 \text{ kN} \quad \text{taglio di calcolo}$$

$$N_{Sd} = 1621 \text{ kN} \quad \text{sforzo normale di calcolo}$$

Materiali

Calcestruzzo

$$R_{ck} = 40 \text{ MPa} \quad \text{resistenza caratteristica cubica}$$

$$f_{ck} = 33.2 \text{ MPa} \quad \text{resistenza caratteristica cilindrica}$$

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

$$\gamma_c = 1.5 \quad \text{coefficiente parziale di sicurezza}$$

$$f_{cd} = 18.81 \text{ MPa} \quad \text{resistenza di calcolo a compressione}$$

Acciaio

$$f_{yk} = 450.00 \text{ MPa} \quad \text{tensione caratteristica di snervamento}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 86 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$\gamma_s$	=	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{yd}$	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>				
D	=	1800	mm	diametro palo
c	=	50	mm	copriferro
d	=	1750	mm	altezza utile
$b_{we}$	=	1620	mm	base equivalente
$d_e$	=	1354	mm	altezza utile equivalente
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio				
$n_l$	=	14		numero ferri longitudinali
$\varnothing_l$	=	18	mm	diametro ferri longitudinali
$A_{sl}$	=	3563	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
$A_c$	=	2544690.05	mm <sup>2</sup>	area sezione cls
k	=	1.38		
$\sigma_{cp}$	=	0.6370	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
$\rho_1$	=	0.00162	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
$V_{min}$	=	0.328		
$V_{rd}$	=	930.09	kN	taglio resistente
$V_{Sd}$	=	95.9	kN	taglio di calcolo
FS	=	9.70	ok	se $>1$ verifica soddisfatta

Come si evince dai risultati ottenuti, il taglio portato dal solo calcestruzzo è maggiore del taglio di calcolo agente, pertanto non si prevede la disposizione di specifica armature trasversale resistente a taglio.

### 8.1.3 S.L.E. – Fessurazione

Si procede alla verifica a fessurazione per via indiretta, così come previsto 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 per la combinazione di carico pertinente, facendo riferimento alla sezione parzializzata.

Per quanto riguarda le condizioni ambientali e la sensibilità delle armature si assume:

- condizioni 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 nelle barre nella combinazione più gravosa.

**Tabella 8.1 - Sollecitazioni per la verifica agli SLE**

	SLE_Frequente			SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M	N	V	M	
<b>Comb</b>	kN	kN	kNm	<b>Comb</b>	kN	kN	kNm
Nmax	2389	25	59	<b>Nmax</b>	1899	22	52
Nmin	1205	16	38	<b>Nmin</b>	1767	13	31
Vmax	2385	25	59	<b>Vmax</b>	1897	22	52

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 87 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

**Tabella 8.2 - Tensioni di riferimento**

	<b>combinazione FREQUENTE</b>	<b>combinazione QUASI PERM.</b>
<b>Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>		
$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	Ø	Ø
160	32	25
200	25	16
240	16	12
280	12	8
320	10	6
360	8	-
<b>Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione</b>		
$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	Ø	Ø
160	300	200
200	250	150
240	200	100
280	150	50
320	100	-
360	50	-

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

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

Nel seguito si riporta l'output del programma impiegato per il calcolo delle tensioni nei materiali con riferimento alla Combinazione Frequente comb N<sub>min</sub>. Come si evince dalla figura, la sezione risulta tutta compressa.

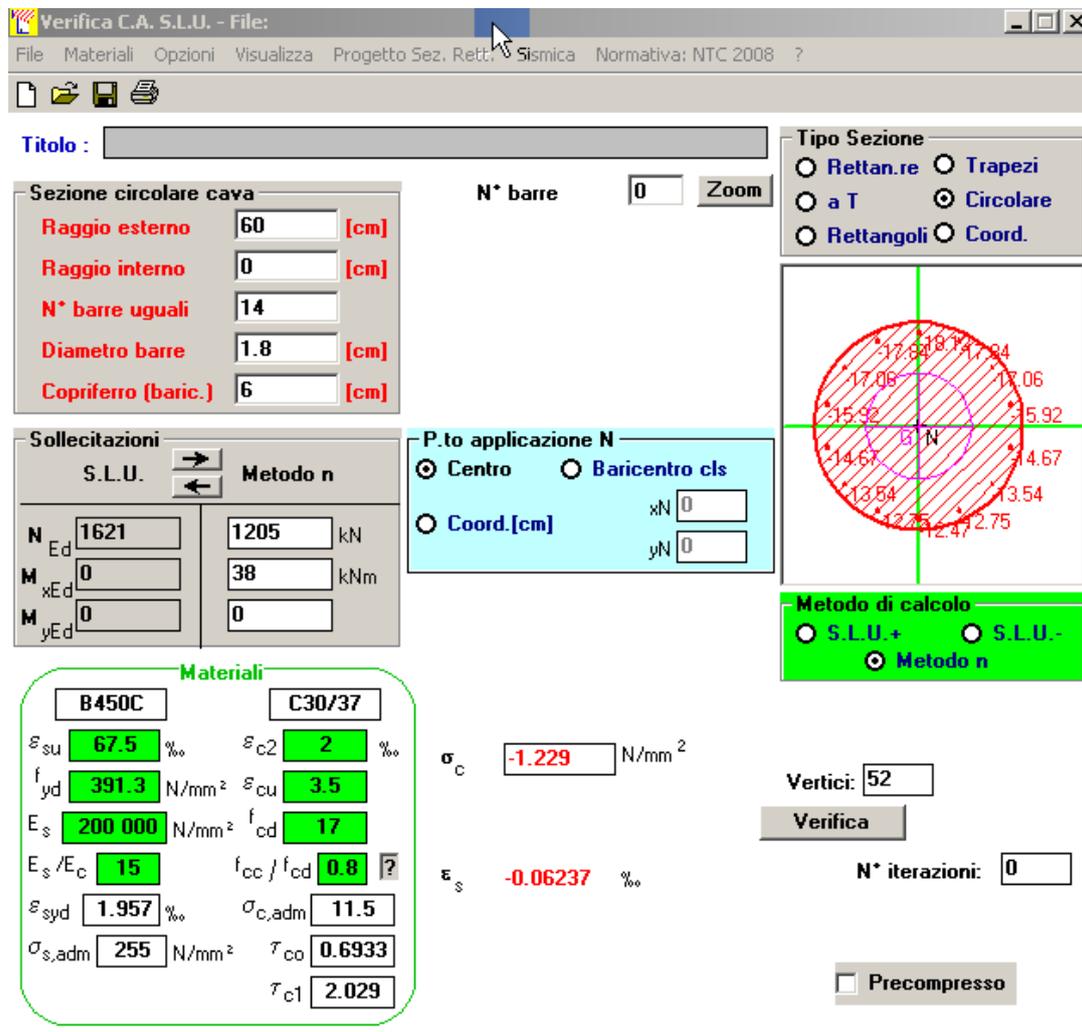


Figura 8.4 - Stato tensionale per la combinazione Frequente  $N_{min}$

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

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica 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:

#### CALCESTRUZZO

0.60  $f_{ck}$  massima compressione calcestruzzo in combinazione caratteristica;

0.40  $f_{ck}$  massima compressione calcestruzzo in combinazione quasi permanente;

#### ACCIAIO

0.8  $f_{yk}$  massima tensione acciaio in combinazione caratteristica.

	SLE_Caratteristica			SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M	N	V	M	
<b>Comb</b>	kN	kN	kNm	<b>Comb</b>	kN	kN	kNm
<b>Nmax</b>	2426	29	69	<b>Nmax</b>	1899	22	52
<b>Nmin</b>	2303	22	52	<b>Nmin</b>	1767	13	31
<b>Vmax</b>	2426	29	69	<b>Vmax</b>	1897	22	52

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 89 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### Materiali

$R_{ck}$	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{yk}$	=	450.00	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

### comb\_Nmax comb\_Mmax

RARA RARA

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

$\sigma_c$	=	19.9	19.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>2.53</b>	<b>1.58</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		7.88	12.62		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

### comb\_Nmax comb\_Mmax

QUASI PERM. QUASI PERM.

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

$\sigma_c$	=	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>1.99</b>	<b>1.89</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		7.51	7.89		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

### comb\_Nmin comb\_Mmax

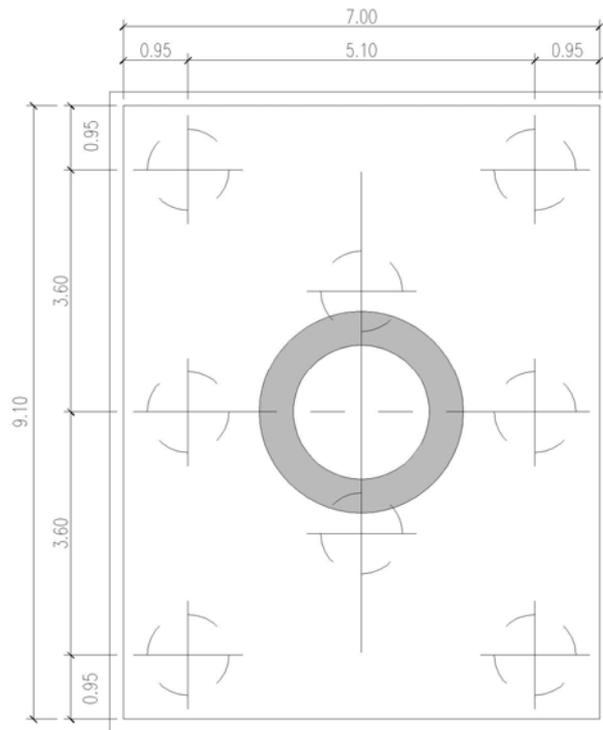
RARA RARA

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

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

## 9 ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

Il plinto presenta pianta rettangolare di lati 7.00m×9.10m ed altezza pari a 2.50 m. Esso è fondato su n. 8 pali Ø1200 mm.



**Figura 9.1 - Plinto di Fondazione carreggiata SX.**

Il plinto delle pile della carreggiata SX ha le stesse dimensioni e la stessa disposizione dei pali del plinto adottato per le pile della carreggiata DX. Quest'ultimo tuttavia è soggetto a sollecitazioni più gravose in quanto per esso maggiori risultano le azioni assiali alla testa dei pali di fondazione. Nell'ipotesi di predisporre nei plinti delle due carreggiate la medesima armatura, si estendono a quelli della carreggiata SX le analisi e le verifiche di sicurezza condotte con riferimento ai plinti della carreggiata DX, ai quali si rimanda per ulteriori dettagli.

## 10 VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI

In 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.

**Tabella 10.1 - Parametri fisico-meccanici usati nelle verifiche geotecniche.**

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 91 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.6	19.8	19.3	19.8
peso saturo $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.6	19.8	19.3	19.8
coesione non dren. $c_u$ (kPa)	129	199	199	250
coesione dren. $c'$ (kPa)	19	24	21	5
angolo attrito $\phi'$ (°)	21	19	23	23

## 10.1 CARICO LIMITE VERTICALE

### 10.1.1 Criteri di calcolo del carico limite verticale

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

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

**Tabella 10.2 - Valori del coefficiente  $\alpha$  in funzione di  $c_u$**

$c_u$	$\alpha$
(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:

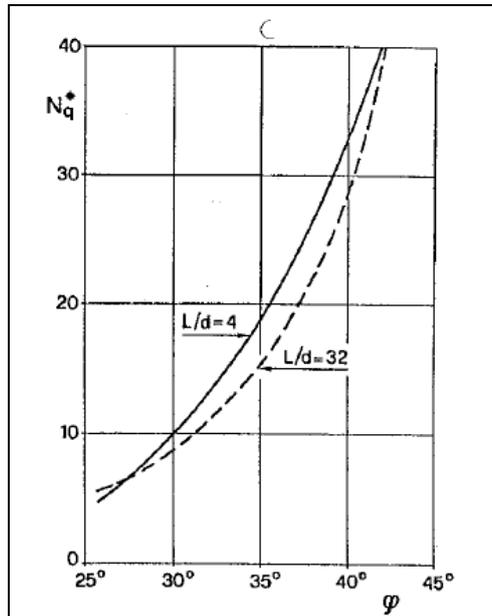
$$k = 1 - \text{sen} \phi'$$

e il coefficiente di attrito  $\mu = \tan \phi'$

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  $N_c$ , invece, si è assunto in condizioni non drenate  $N_c=9$  e in condizioni drenate  $N_c$  è stato determinato con la relazione:

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



**Tabella 10.3: Coefficienti  $N_q$**

In Tabella valori dei coefficienti  $N_c$  ed  $N_q$  adottati per i diverse unità geotecniche

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
coeff. $N_q$ (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. $N_c$ (cond. drenate)	7.7	8.6	7.2	7.1

**Tabella 10.4: Coefficienti  $N_q$  ed  $N_c$  assunti per le diverse unità geotecniche**

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 (pila/spalla).

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

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRV1	6	0	6
2° strato	TRV2a	12	6	18
3° strato	TRV2b	27	18	45

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

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	6	0	6
2° strato	TRV1	3	6	9
3° strato	TRV2a	11	9	20
4° strato	TRV2b	25	20	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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 93 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	1	0	1
2° strato	TRV1	5	1	6
3° strato	TRV2a	9	6	15
4° strato	TRV2b	30	15	45

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

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	1	0	1
2° strato	TRV1	4	1	5
3° strato	TRV2a	10	5	15
4° strato	TRV2b	30	15	45

**STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 5 - CARR. SX**

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	2	0	2
2° strato	TRV1	4	2	6
3° strato	TRV2a	10	6	16
4° strato	TRV2b	29	16	45

### 10.1.2 Criteri di verifiche

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).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 94 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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	$\gamma_{Qi}$	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

**Tabella 10.5: Coefficienti parziali per le azioni o effetti delle azioni (tab. 6.2.I del DM14-01-2008)**

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

**Tabella 10.6: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni (tab. 6.2.II del DM14-01-2008)**

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.

**Tabella 10.7: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche**

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:

**Approccio 2**, con i coefficienti parziali → 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  $\xi$  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  $\xi_3$ . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è **6**.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 95 di 97
	Nome file: VI12-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

**Tabella 10.8 - Fattori di correlazione  $\xi$**

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

### 10.1.3 Risultati

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche. 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  $\gamma_p = \gamma_{c.a} - \gamma_t$ ).

Nella tabella seguente è riportato, sia per le condizioni statiche, sia per le condizioni sismiche, il valore massimo dell'azione assiale sul palo più sollecitato di ciascuna pila, la lunghezza dei pali ed i relativi valori del carico limite in condizioni drenate e non drenate.

**Tabella 10.9 - Carreggita Sinistra - Riepilogo dei risultati**

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			peso palo compensato	carico limite	
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
Pila1	3511.27	2081.80	1.2	8	26	214.36	5969.4	5481.0
Pila2	3398.36	2235.74	1.2	8	22	177.11	4582.3	4433.4
Pila3	3435.23	2330.13	1.2	8	23	190.24	4832.7	4900.0
Pila4	3332.73	2064.53	1.2	8	22	181.23	4503.8	4776.6
Pila5	3502.47	2075.86	1.2	8	26	215.28	5867.4	5433.7

## 10.2 CARICO LIMITE ORIZZONTALE

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 96 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 10.2.1 Criteri di verifica

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

*Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.*

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

### 10.2.2 Risultati

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

#### Palo più sollecitato carreggiata di sinistra

Dati di Calcolo		Condizioni non drenate		
		Pila P01		
D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	25.00	m	lunghezza palo
$M_y$	=	1500	kNm	momento di plasticizzazione del palo
$c_u$	=	192	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	48077	kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	644238	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	18004	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7	m	
$M_{max}$	=	109110.7	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	1403	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1402.9	kN	carico limite (valore medio)
$\xi$	=	1.5		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	935.2	kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	719.4	kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$		96	kN	azione trasversale testa palo
check		7.50		se >1 verifica soddisfatta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Arenella I</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 97 di 97
	Nome file: V112-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

Dati di Calcolo		Condizioni drenate		
		Pila 01		
D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	25.00	m	lunghezza palo
L/D	=	20.83	m	
$M_y$	=	1500	kNm	momento di plasticizzazione del palo
$\phi'$	=	21	°	angolo d'attrito
$k_p$	=	2.1		coefficiente di spinta passiva
$\gamma$	=	14	kN/m <sup>3</sup>	peso unità di volume
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	33139	kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	552316	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	11106	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	14.5	m	
$M_{max}$	=	107620	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	1039.8	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1039.8	kN	carico limite (valore medio)
$\xi$	=	1.5		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	693.2	kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	533.2	kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$	=	96	kN	azione trasversale testa palo
check	=	5.56		se >1 verifica soddisfatta