

# 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 II

### Relazione di Calcolo Pile - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 5 6 V I 2 1 3 V I 1 3 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>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 1 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>3</b>
1.1	INTRODUZIONE	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	3
1.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
1.3.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	5
1.3.2	<i>Calcestruzzo</i>	6
1.3.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	7
1.4	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	8
<b>2</b>	<b>ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO</b>	<b>9</b>
2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	9
2.1.1	<i>Calcolo della rigidezza effettiva delle pile</i>	10
2.2	ANALISI DEI CARICHI	10
2.2.1	<i>Peso Proprio (g1)</i>	10
2.2.2	<i>Permanenti portati su impalcato (g2)</i>	10
2.2.3	<i>Effetti del ritiro (<math>\varepsilon_2</math>)</i>	11
2.2.4	<i>Effetti della temperatura (<math>\varepsilon_3</math>)</i>	11
2.2.5	<i>Carichi mobili (q1)</i>	11
2.2.6	<i>Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)</i>	12
2.2.7	<i>Azione di frenatura/accelerazione (q3)</i>	13
2.2.8	<i>Forza centrifuga (Q4)</i>	13
2.2.9	<i>Azione di neve, vento (q5)</i>	13
2.2.10	<i>Azione sismica (q6)</i>	14
2.2.11	<i>Resistenza parassita dei vincoli (q7)</i>	17
2.3	RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO	17
<b>3</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>	<b>18</b>
3.1	SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	18
3.1.1	<i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i>	18
3.1.2	<i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i>	19
3.1.3	<i>Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata</i>	20
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO	20
3.3	SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	21
3.3.1	<i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i>	21
3.3.2	<i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i>	22
3.3.3	<i>Sollecitazioni sulla palificata</i>	24
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE</b>	<b>34</b>
4.1	S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE	34
4.2	S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO	39
4.3	S.L.E. – FESSURAZIONE	40
4.4	S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI	42
<b>5</b>	<b>EFFETTI DEL SECONDO ORDINE</b>	<b>45</b>
5.1	METODO DELLA CURVATURA NOMINALE	45
5.1.1	<i>Valutazione della snellezza</i>	45
<b>6</b>	<b>VERIFICA DEL PULVINO</b>	<b>49</b>
6.1	VERIFICA BAGGIOLI	50
<b>7</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE</b>	<b>52</b>
7.1	VERIFICHE STRUTTURALI	52
7.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	53

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 2 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

7.1.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	54
7.1.3	S.L.E. – Fessurazione.....	55
7.1.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni.....	57
7.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI.....	59
7.2.1	S.L.U. – Verifica a carico limite verticale .....	59
7.2.2	S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale .....	62
7.2.2.1	Criteri di calcolo del carico limite orizzontale .....	62
7.2.2.2	Criteri di verifica.....	62
7.2.2.3	Risultati.....	63
<b>8</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI .....</b>	<b>64</b>
<b>9</b>	<b>ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>66</b>

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 3 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_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 II, previsto nell'ambito del progetto esecutivo "CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA - ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 - S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" - AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 - dal km 44+000 allo svincolo con l'A19".

## 1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO

Il viadotto in esame è a carreggiate separate (carreggiata dx e carreggiata sx). Esso presenta un tracciato planimetrico rettilineo, con un restringimento di carreggiata che si sviluppa quasi interamente all'interno della prima campata. Le carreggiate sono composta da 4 campate: le due centrali hanno luce pari a 31.0 m, mentre le due di riva hanno luce pari a 30.0 m.

campate carr. SX	L [m]
1	30.0
2	31.0
3	31.0
4	30.0

campate carr. DX	L [m]
1	30.0
2	31.0
3	31.0
4	30.0

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.

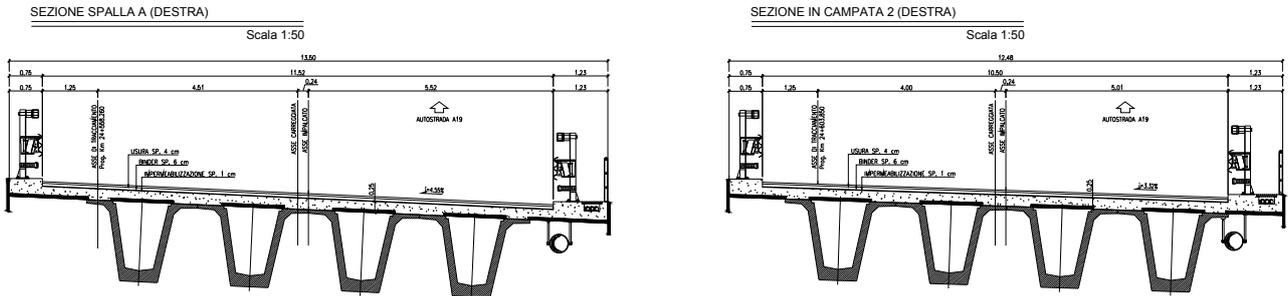
Oltre che dal traverso la continuità è garantita anche da un getto di calcestruzzo in opera all'interno della cavità dei cassoncini.

La sezione trasversale, ai fini del calcolo strutturale dell'impalcato, è formata da 4 travi a cassoncino, di altezza 1800 mm, disposte a interasse trasversale di 2.5 m, con larghezza complessiva variabile tra un massimo di 13.50 m in asse alla spalla iniziale della carreggiata destra del viadotto (13.14 m in asse alla spalla iniziale della carreggiata sinistra) ed un minimo di 12.48 m quando il restringimento di sezione si è completato (poco dopo la prima pila).

La soletta ha uno spessore di 250 mm, al lordo delle predalle che ne sostengono il getto.

Anche il piano viabile presenta larghezza variabile, tra un massimo di 11.52 m in asse alla spalla iniziale della carreggiata destra del viadotto (11.16 m in asse alla spalla iniziale della carreggiata sinistra) ed un minimo di 10.50 m quando il restringimento di sezione si è completato; lateralmente sono realizzati due cordoli di larghezza 0.75 m e 1.23 m, quest'ultimo pedonabile.

La figura seguente riporta la sezione trasversale dell'impalcato in asse alla spalla iniziale ed in sezione corrente (carreggiata destra).



**Figura 1: Sezione impalcato.**

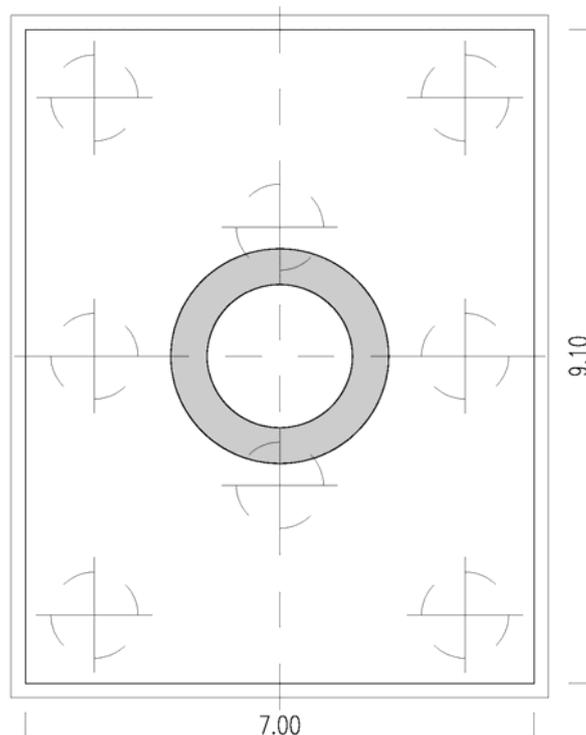
Le pile sono realizzate in c.a. Il fusto presenta sezione circolare cava, con raggio esterno pari a 1.50 m e raggio interno pari a 1.00 m; il pulvino è di forma trapezoidale con altezza complessiva di 3.00 m e dimensioni in pianta 3.20 x 9.70 m.

carreggiata SX	
pila	H [m]
P01	5.50
P02	6.50
P03	5.50

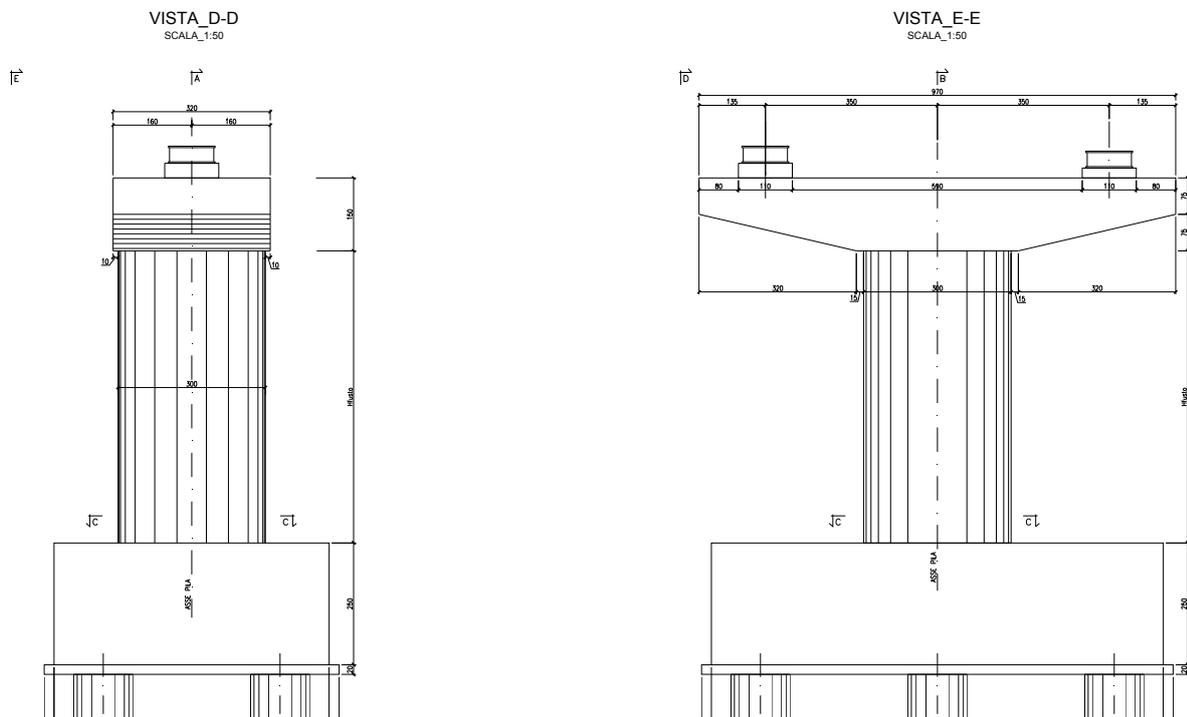
carreggiata DX	
pila	H [m]
P01	5.00
P02	7.50
P03	6.50

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  $\varnothing 1200$  mm. I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50m a pianta rettangolare di dimensioni 7.00 m x 9.10 m

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



**Figura 2: Fondazione Pile.**



**Figura 3: Sezione Pile.**

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'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, si applicheranno le seguenti classi di esposizione:

- pali: XA2;
- zattere pile: XA2;
- elevazione pile e pulvini: XF2;
- baggioli: XF2;
- soletta impalcato, cordoli, marciapiedi e coppelle prefabbricate: XD2.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 6 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### 1.3.2 Calcestruzzo

#### PALI, ZATTERE PILE C32/40

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

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

#### ELEVAZIONE PILE E PULVINI C25/30

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

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

#### BAGGIOLI 25/30

$R_{ck}$	=	<b>30</b> MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	20.67 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	=	32.90 MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56 MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	3.33 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	3.07 MPa	resistenza media a trazione per flessione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 7 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

$E_{cm}$	=	31447 MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11 MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	2.22 MPa	resistenza di calcolo a trazione

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

#### SOLETTA IMPALCATO, CORDOLI, MARCIAPIEDI E COPPELLE PREFABBRICATE C32/40

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

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

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

B450C

$f_{y,nom}$	=	<b>450</b> MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	<b>540</b> MPa	tensione nominale di rottura
$f_{yk}$	≥	$f_{y,nom}$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk}$	≥	$f_{t,nom}$	tensione caratteristica di rottura
$E_s$	=	<b>200000</b> MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	<b>1.15</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$f_{yd}$	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 8 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_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 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 9 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_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, trasversi) sono stati simulati attraverso elementi finiti del tipo beam a sei gradi di libertà per nodo. Con lo stesso tipo di elementi sono state modellate le pile del viadotto. Queste ultime sono state vincolate al piede – in corrispondenza dell'estradosso plinto – mediante vincoli di incastro. Per riprodurre il comportamento rigido nel piano trasversale, garantito dalla presenza della soletta, sono stati riprodotti dei frame (di massa nulla) aventi sezione di altezza pari a quella della soletta e larghezza pari all'interasse a cui sono posti. 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:

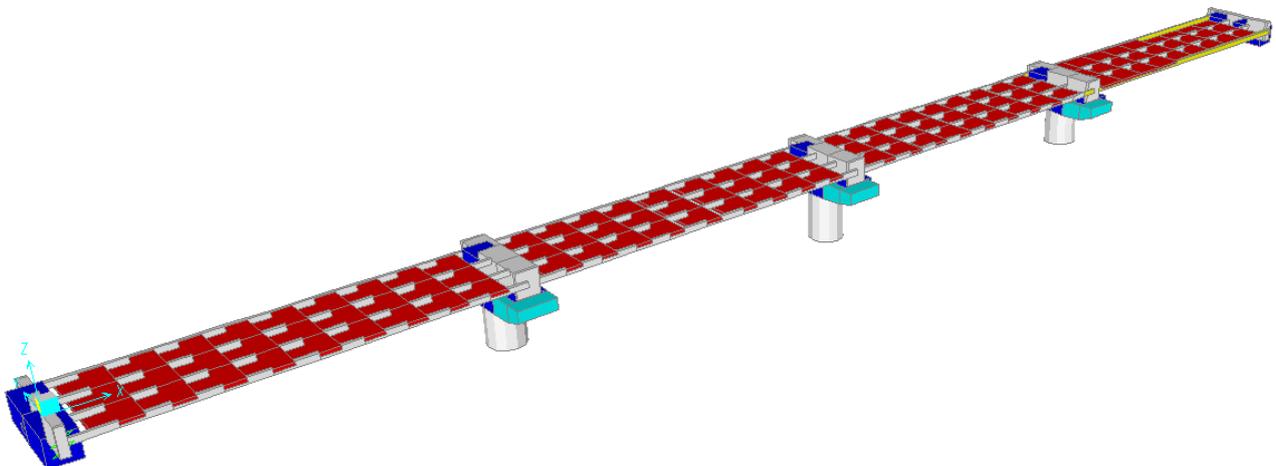
$$K_e = 3.03 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$

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

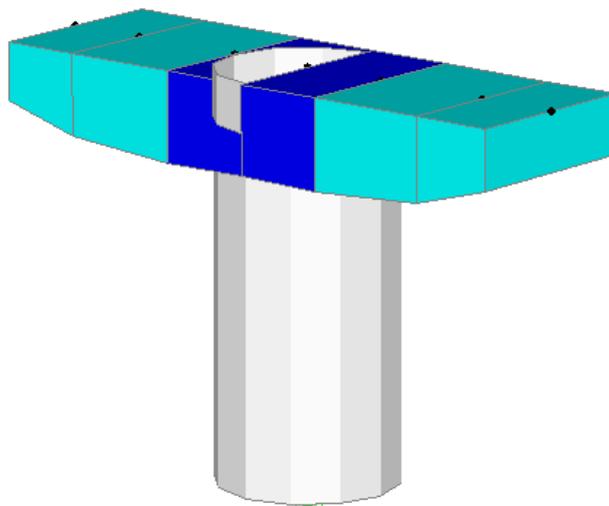
Anche sulle spalle sono previsti isolatori elastomerici aventi le medesime caratteristiche di quelli predisposti sulle pile, pertanto, trascurando la deformabilità delle spalle rispetto a quella dei dispositivi simili, ossia ipotizzando che il moto sismico dell'impalcato risulti disaccoppiato rispetto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

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

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



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 10 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc



### 2.1.1 Calcolo della rigidezza effettiva delle pile

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

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

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 sono stati computati, e successivamente assegnati, separatamente per il tratto a sezione variabile (dove si è assunta una sezione media di riferimento) e per il tratto a sezione costante; consistono nei seguenti contributi:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 11 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

	tratto a sezione variabile			tratto a sezione costante				
	carico unitario [kPa]	larghezza [m]	carico lineare [kN/m]	carico unitario [kPa]	larghezza [m]	carico lineare [kN/m]		
g <sub>2.1.dxD</sub>	2.50	3.17	7.93	2.50	2.99	7.48	kN/m	pavimentazione lato trave dx D
g <sub>2.1.dxC</sub>	2.50	2.50	6.25	2.50	2.50	6.25	kN/m	pavimentazione lato trave dx C
g <sub>2.1.sxB</sub>	2.50	2.50	6.25	2.50	2.50	6.25	kN/m	pavimentazione lato trave sx B
g <sub>2.1.sxA</sub>	2.50	2.69	6.73	2.50	2.51	6.28	kN/m	pavimentazione lato trave sx A
g <sub>2.3.dxD</sub>	-	-	1.00	-	-	1.00	kN/m	guard-rail dx
g <sub>2.3.sxA</sub>	-	-	1.00	-	-	1.00	kN/m	guard-rail sx
g <sub>2.4.sxA</sub>	-	-	1.50	-	-	1.50	kN/m	barriera sx
g <sub>2.5.dxD</sub>	-	-	1.00	-	-	1.00	kN/m	veletta dx
g <sub>2.5.sxA</sub>	-	-	1.00	-	-	1.00	kN/m	veletta sx
g <sub>2</sub>			32.65			31.75	kN/m	permanente portato totale
g <sub>2.dxD</sub>			9.93			9.48	kN/m	permanente portato su trave dx D
g <sub>2.dxC</sub>			6.25			6.25	kN/m	permanente portato su trave dx C
g <sub>2.sxB</sub>			6.25			6.25	kN/m	permanente portato su trave sx B
g <sub>2.sxA</sub>			10.23			9.78	kN/m	permanente portato su trave sx A

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

Assumendo in questa fase una deformazione di ritiro pari allo 0.3‰, gli effetti del ritiro vengono schematizzati mediante delle forze e delle coppie concentrate alle estremità dell'impalcato, valutate come:

	tratto a sez. var.	tratto a sez. cost.		
$\epsilon_{sh}$	= 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
$A_{c,dxD}$	= 1.95	1.90	m <sup>2</sup>	area conglomerato trave dx D
$A_{c,B-C}$	= 1.46	1.46	m <sup>2</sup>	area conglomerato travi centrali C e B
$A_{c,sxA}$	= 2.04	1.99	m <sup>2</sup>	area conglomerato trave sx A
$N_{sh,dxD}$	= 6567	6399	kN	trazione nella soletta trave dx D
$N_{sh,C-B}$	= 4912	4912	kN	trazione nella soletta travi centrali C e B
$N_{sh,sxA}$	= 6861	6698	kN	trazione nella soletta trave sx A
$e_{dxD}$	= 0.42	0.46	m	eccentricità soletta trave dx D risp. a baric. sez. comp.
$e_{C-B}$	= 0.61	0.61	m	eccentricità soletta travi C e B risp. a baric. sez. comp.
$e_{sxA}$	= 0.45	0.43	m	eccentricità soletta trave sx A risp. a baric. sez. comp.
$M_{sh,dxD}$	= 2758	2918	kN*m	momento flettente nella trave dx D
$M_{sh,C-B}$	= 3011	3011	kN*m	momento flettente nelle travi C e B
$M_{sh,sxA}$	= 3088	2853	kN*m	momento flettente nella trave sx A

### 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 uniformemente del carico termico, per i cui valori l'Eurocodice rimanda agli allegati nazionali, dai cui si desume:  $\Delta T_{N1} = -26$  °C e  $\Delta T_{N2} = +34$  °C.

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

### 2.2.5 Carichi mobili ( $q_1$ )

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

Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile massima pari a 11.16 m, è in grado di ospitare 3 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m. La parte rimanente ("remaining area") è variabile tra un massimo di 2.16 m ed un minimo di 1.50 m.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 12 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

#### 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:

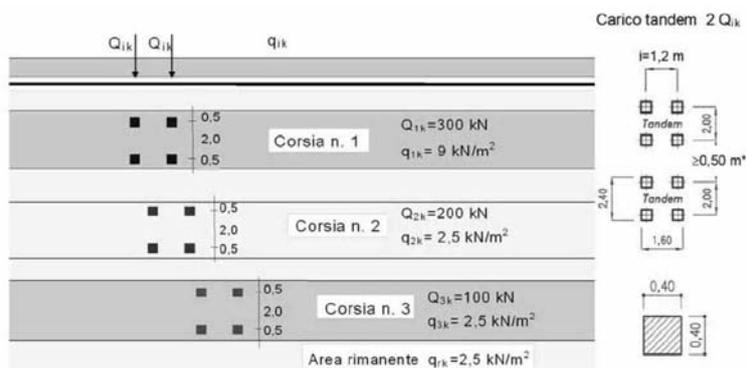
- Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza di 3.00 m.

#### 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.



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

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

In aggiunta allo schema di carico 1 deve essere considerato anche lo schema di carico 5, corrispondente alla presenza di folla compatta, ridotto del 50%: esso va modellato come un carico uniformemente ripartito di 2.5 kN/m<sup>2</sup> agente sui due marciapiedi. Lo schema di carico 5 deve inoltre essere considerato al 100% come alternativa allo schema 1.

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 13 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

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

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

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

$w_1$	=	3.00 m	larghezza corsie convenzionali
$Q_{1k}$	=	300 kN	singolo asse Q1k
$q_{1k}$	=	9 kPa	carico uniformemente distribuito
$L$	=	122 m	lunghezza del viadotto
$Q_3$	=	689 kN	forza di frenatura (accelerazione) sull'intero viadotto
$q_{3l}$	=	1.41 kN/m	azione di frenatura per unità di lunghezza su singola trave

### 2.2.8 Forza centrifuga (Q4)

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

$R$	=	9999 m	raggio della curva
$Q_v$	=	1200.00 kN	carico totale dovuto agli assi tandem
$Q_4$	=	0.00 kN	azione centrifuga
$L$	=	122 m	lunghezza tratto in curva
$q_4$	=	0.00 kN/m	azione centrifuga distribuita

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

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

#### Vento su impalcato

zona	=	4	sicilia
$V_{b,0}$	=	28 m/s	
$a_0$	=	500 m	
$k_a$	=	0.02 1/s	
$a_s$	=	317 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
$k_r$	=	0.19	
$Z_0$	=	0.05 m	
$Z_{min}$	=	4.00 m	
$Z$	=	8.00 m	altezza sul suolo (massima)
$C_e$	=	2.21	coefficiente di esposizione
$C_p$	=	1	coefficiente di forma
$C_d$	=	1	coefficiente dinamico
$p$	=	1.08 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
$F_{vento}$	=	5.47 kN/m	azione del vento su impalcato
$Y_G$	=	1.31 m	distanza da intradosso baricentro impalcato (trave centrale, condizione più sfavorevole)
$e$	=	1.21 m	eccentricità dell'azione del vento

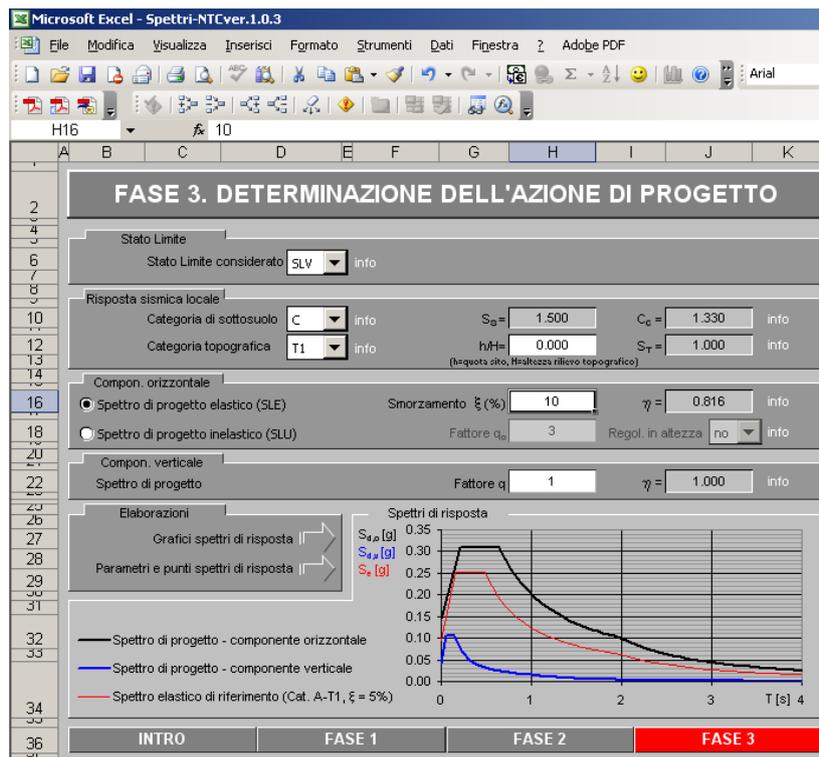
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 14 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

$M_{vento}$	=	6.64	kNm/m	coppia torcente
$d_b$	=	2.50	m	interasse travi
$W$	=	31.25	$m^3$	modulo di resistenza fittizio dell'impalcato
$Q_{sv,D-A}$	=	0.80	kN/m	azione verticale su travi di bordo
$Q_{sv,C-B}$	=	0.27	kN/m	azione verticale su travi centrali
$Q_{sh}$	=	1.37	kN/m	azione orizzontale su ciascuna trave
<u>Vento su pile</u>				
$B$	=	3	m	larghezza pila (diametro)
$Q_{s,fusto-pile}$	=	3.25	kN/m	azione del vento trasversale sul fusto delle pile
$Q_{s,pulvino}$	=	1.63	kN	azione del vento trasversale sul pulvino

### 2.2.10 Azione sismica (q6)

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

Gli spettri considerati sono caratterizzati dai seguenti parametri:



Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3

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

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.096 g
$F_a$	2.624
$T_c$	0.488 s
$S_a$	1.500
$C_c$	1.330
$S_T$	1.000
$q$	1.225

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	Se [g]
0.000	0.144
0.217	0.309
0.650	0.309
0.713	0.282
0.777	0.259
0.840	0.239
0.904	0.222
0.968	0.208
1.031	0.195
1.095	0.184
1.158	0.174
1.222	0.164
1.286	0.156
1.349	0.149
1.413	0.142
1.476	0.136
1.540	0.131
1.604	0.125
1.667	0.121
1.731	0.116
1.794	0.112
1.858	0.108
1.922	0.105
1.985	0.101
2.049	0.098
2.112	0.094
2.176	0.091
2.239	0.088
2.303	0.085
2.366	0.082
2.429	0.079
2.493	0.076
2.556	0.073
2.619	0.070
2.683	0.067
2.746	0.064
2.809	0.061
2.873	0.058
2.936	0.055
3.000	0.052
3.063	0.049
3.127	0.046
3.190	0.043
3.254	0.040
3.317	0.037
3.381	0.034
3.444	0.031
3.508	0.028
3.571	0.025
3.635	0.022
3.698	0.019
3.762	0.016
3.825	0.013
3.889	0.010
3.952	0.007
4.016	0.004
4.080	0.001

Parametri dipendenti

S	1.500
$\eta$	0.816
$T_B$	0.217 s
$T_C$	0.650 s
$T_D$	1.985 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_a$ ,  $S_T$  (MTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{0.075 + T} \geq 0.55$ ;  $\eta = 1/q$  (MTC-08 Eq. 3.2.6; 3.2.3.5)

$T_B = T_c / 3$  (MTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_c \cdot T_c$  (MTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6$  (MTC-07 Eq. 3.2.9)

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

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

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

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

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

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

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3

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

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
$a_{av}$	0.040 g
$S_a$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	Se [g]
0.000	0.040
0.050	0.106
0.150	0.106
0.235	0.068
0.320	0.050
0.405	0.039
0.490	0.032
0.575	0.028
0.660	0.024
0.745	0.021
0.830	0.019
0.915	0.017
1.000	0.016
1.034	0.016
1.068	0.016
1.102	0.016
1.136	0.016
1.170	0.016
1.204	0.016
1.238	0.016
1.272	0.016
1.306	0.016
1.340	0.016
1.374	0.016
1.408	0.016
1.442	0.016
1.476	0.016
1.510	0.016
1.544	0.016
1.578	0.016
1.612	0.016
1.646	0.016
1.680	0.016
1.714	0.016
1.748	0.016
1.782	0.016
1.816	0.016
1.850	0.016
1.884	0.016
1.918	0.016
1.952	0.016
1.986	0.016
2.020	0.016
2.054	0.016
2.088	0.016
2.122	0.016
2.156	0.016
2.190	0.016
2.224	0.016
2.258	0.016
2.292	0.016
2.326	0.016
2.360	0.016
2.394	0.016
2.428	0.016
2.462	0.016
2.496	0.016
2.530	0.016
2.564	0.016
2.598	0.016
2.632	0.016
2.666	0.016
2.700	0.016
2.734	0.016
2.768	0.016
2.802	0.016
2.836	0.016
2.870	0.016
2.904	0.016
2.938	0.016
2.972	0.016
3.006	0.016
3.040	0.016
3.074	0.016
3.108	0.016
3.142	0.016
3.176	0.016
3.210	0.016
3.244	0.016
3.278	0.016
3.312	0.016
3.346	0.016
3.380	0.016
3.414	0.016
3.448	0.016
3.482	0.016
3.516	0.016
3.550	0.016
3.584	0.016
3.618	0.016
3.652	0.016
3.686	0.016
3.720	0.016
3.754	0.016
3.788	0.016
3.822	0.016
3.856	0.016
3.890	0.016
3.924	0.016
3.958	0.016
4.000	0.001

Parametri dipendenti

$F_a$	1.033
S	1.000
$\eta$	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_a$ ,  $S_T$  (MTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = 1/q$  (MTC-08 § 3.2.3.5)

$F_a = 1.35 \cdot F_a \cdot \left( \frac{a_{av}}{g} \right)^{0.5}$  (MTC-08 Eq. 3.2.11)

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

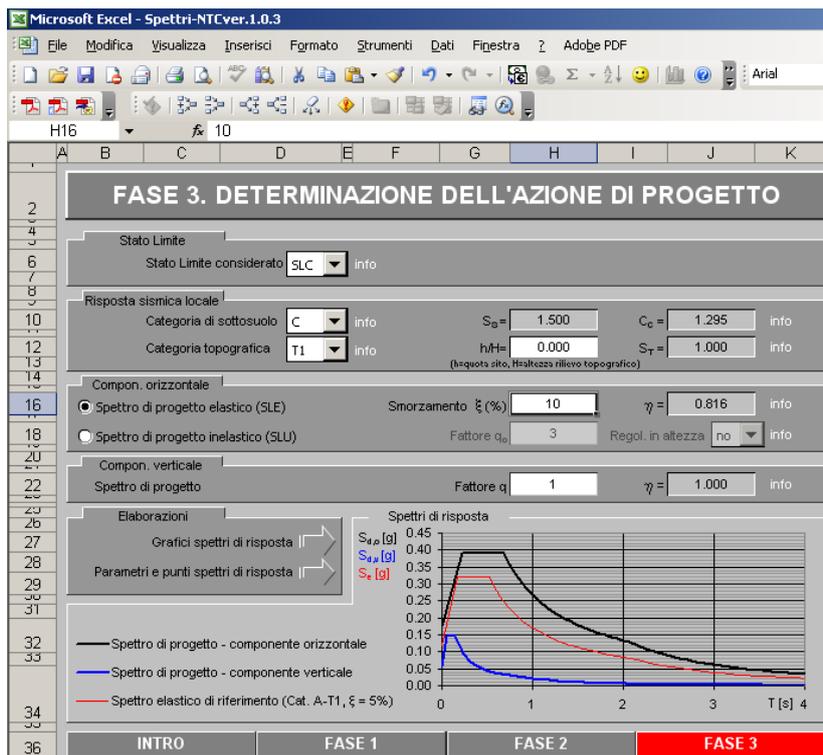
$0 \leq T < T_B$ :  $S_d(T) = a_{av} \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + 1 - \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{T}{T_B} \right) \right]$

$T_B \leq T < T_C$ :  $S_d(T) = a_{av} \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$

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

$T_D \leq T$ :  $S_d(T) = a_{av} \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



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

Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta	
STATO LIMITE	SLC	T [s]	Se [g]
a <sub>av</sub>	0.117 g	0.000	0.176
F <sub>av</sub>	2.729	0.223	0.331
T <sub>c</sub>	0.530 s	0.686	0.331
S <sub>z</sub>	1.500	0.752	0.357
C <sub>c</sub>	1.235	0.818	0.328
S <sub>T</sub>	1.000	0.884	0.304
q	1.225	0.949	0.283
		1.015	0.265
		1.081	0.248
		1.147	0.234
		1.213	0.221
		1.279	0.210
		1.344	0.200
		1.410	0.190
		1.475	0.182
		1.542	0.174
		1.608	0.167
		1.673	0.160
		1.739	0.154
		1.805	0.149
		1.871	0.144
		1.937	0.139
		2.003	0.134
		2.068	0.130
		2.160	0.119
		2.252	0.109
		2.344	0.101
		2.436	0.094
		2.528	0.087
		2.620	0.081
		2.712	0.076
		2.804	0.071
		2.896	0.066
		2.988	0.062
		3.080	0.059
		3.172	0.055
		3.264	0.052
		3.355	0.049
		3.446	0.047
		3.540	0.044
		3.632	0.042
		3.724	0.040
		3.816	0.038
		3.908	0.036
		4.000	0.035

**Parametri dipendenti**

S	η	T <sub>B</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>D</sub>
1.500	0.916	0.223 s	0.530 s	2.068 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

S = S<sub>z</sub>, S<sub>T</sub> (MTC-08 Eq. 3.2.5)  
 $\eta = \sqrt{0.75 + \frac{1}{T}} \geq 0.55$ ;  $\eta = 1/q$  (MTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)  
 $T_B = T_c / 3$  (MTC-07 Eq. 3.2.8)  
 $T_D = C_c \cdot T_c$  (MTC-07 Eq. 3.2.7)  
 $T_D = 4 \cdot 0 \cdot a_{av} / g + 1.6$  (MTC-07 Eq. 3.2.9)

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

$0 \leq T < T_B$ :  $S_d(T) = a_{av} \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \left[ \frac{T}{T_B} + 1 - \frac{T}{T_B} \right]$   
 $T_B \leq T < T_c$ :  $S_d(T) = a_{av} \cdot S \cdot \eta \cdot F_s$   
 $T_c \leq T < T_D$ :  $S_d(T) = a_{av} \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \left( \frac{T_c}{T} \right)$   
 $T_D \leq T$ :  $S_d(T) = a_{av} \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \left( \frac{T_c}{T} \right)$

Lo spettro di progetto S<sub>d</sub>(T) per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico S<sub>e</sub>(T) sostituendo q con 1/q, dove q è il fattore di struttura. (MTC-08 § 3.2.3.5)

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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 è stata attribuita alle travi ed ai trasversi come una massa per unità di lunghezza:

trave D	5.99	t/m	
trave C	4.36	t/m	tratto a
trave B	4.36	t/m	sezione
trave A	6.24	t/m	variabile
trave D	5.81	t/m	
trave C	4.36	t/m	tratto a
trave B	4.36	t/m	sezione
trave A	6.07	t/m	costante
tvsv pile	9.40	t/m	
tvsv spalle	3.13	t/m	

Sono stati considerati 50 modi di vibrare. Tale numero è risultato sufficiente ad eccitare in ciascuna delle tre direzioni del sisma una massa superiore allo 85% della massa totale. Le tre componenti x, y e z dell'azione sismica (rispettivamente longitudinale, trasversale e verticale) sono state combinate come di seguito:

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 17 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

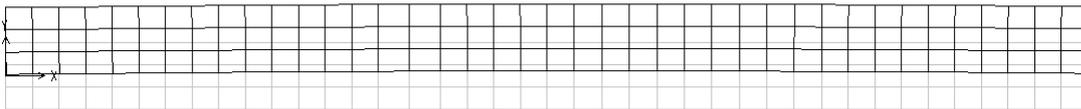
### 2.2.11 Resistenza parassita dei vincoli (q7)

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

## 2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

TABLE: Modal Periods And Frequencies						TABLE: Modal Periods And Frequencies					
StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
Mode	1	2.608	0.383	2.409	5.803	Mode	26	0.094	10.637	66.837	4467.200
Mode	2	2.591	0.386	2.425	5.881	Mode	27	0.090	11.155	70.089	4912.500
Mode	3	2.114	0.473	2.972	8.834	Mode	28	0.081	12.387	77.829	6057.300
Mode	4	0.582	1.717	10.790	116.420	Mode	29	0.076	13.181	82.822	6859.400
Mode	5	0.343	2.914	18.311	335.280	Mode	30	0.070	14.370	90.291	8152.400
Mode	6	0.304	3.292	20.682	427.730	Mode	31	0.067	14.890	93.558	8753.100
Mode	7	0.258	3.882	24.392	594.950	Mode	32	0.067	14.963	94.018	8839.500
Mode	8	0.257	3.894	24.467	598.650	Mode	33	0.066	15.053	94.583	8946.000
Mode	9	0.255	3.926	24.669	608.580	Mode	34	0.060	16.716	105.030	11031.000
Mode	10	0.230	4.346	27.306	745.630	Mode	35	0.059	16.948	106.490	11340.000
Mode	11	0.226	4.434	27.862	776.300	Mode	36	0.058	17.101	107.450	11545.000
Mode	12	0.205	4.888	30.712	943.210	Mode	37	0.058	17.159	107.810	11623.000
Mode	13	0.185	5.392	33.880	1147.800	Mode	38	0.058	17.257	108.430	11757.000
Mode	14	0.161	6.199	38.949	1517.000	Mode	39	0.058	17.264	108.470	11766.000
Mode	15	0.131	7.645	48.037	2307.500	Mode	40	0.058	17.350	109.010	11884.000
Mode	16	0.121	8.261	51.904	2694.000	Mode	41	0.057	17.439	109.570	12006.000
Mode	17	0.112	8.909	55.974	3133.100	Mode	42	0.057	17.485	109.860	12069.000
Mode	18	0.111	9.039	56.792	3225.400	Mode	43	0.055	18.238	114.590	13131.000
Mode	19	0.103	9.730	61.137	3737.800	Mode	44	0.055	18.348	115.280	13290.000
Mode	20	0.100	9.991	62.777	3941.000	Mode	45	0.054	18.368	115.410	13319.000
Mode	21	0.100	9.996	62.807	3944.700	Mode	46	0.053	18.842	118.390	14016.000
Mode	22	0.100	10.033	63.041	3974.200	Mode	47	0.053	18.842	118.390	14016.000
Mode	23	0.099	10.110	63.524	4035.400	Mode	48	0.053	18.891	118.700	14089.000
Mode	24	0.095	10.525	66.132	4373.500	Mode	49	0.051	19.684	123.680	15296.000
Mode	25	0.094	10.630	66.793	4461.300	Mode	50	0.050	19.985	125.570	15768.000

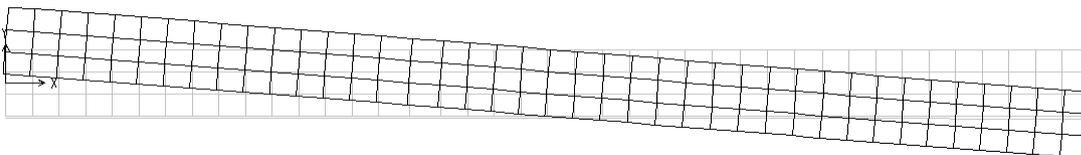
Prima forma modale



Seconda forma modale



Terza forma modale



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 18 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### 3 SOLLECITAZIONI

#### 3.1 SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Si riportano al presente paragrafo le sollecitazioni nelle sezioni maggiormente significative della sottostruttura. Tali sollecitazioni sono state determinate attraverso la risoluzione del modello numerico globale illustrato nel paragrafo precedente. Le azioni verticali (Fz) si assumono positive se di compressione, mentre quelle orizzontali (Fx ed Fy) ed i momenti trasversali e longitudinali (Mx e My) si assumono in valore assoluto.

Nel seguito si indica con:

g1-impalcato	=	peso proprio dell'impalcato;
g1-pile	=	peso proprio della pila;
g1-plinto	=	peso proprio del plinto di fondazione;
g2	=	permanenti portati su impalcato;
g2-terreno	=	peso proprio del terreno di ricoprimento;
e2	=	ritiro;
e3.3	=	carico termico su impalcato (massima azione verticale);
e3.4	=	carico termico su impalcato (massima azione trasversale);
q1.1	=	carichi mobili – configurazione 1 (massima azione verticale);
q1.2	=	carichi mobili – configurazione 2 (massimo momento trasversale);
q3	=	frenatura;
q4	=	azione centrifuga;
q5-impalcato	=	vento trasversale su impalcato;
q5-pile	=	vento trasversale su pile;
q6.1	=	sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.2	=	0.3 sisma longitudinale + sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.3	=	0.3 sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + sisma verticale;
q7	=	resistenza parassita dei vincoli (1% dei carichi permanenti).

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

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

###### SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

H	=	5.50 m	altezza pila				
			<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato			0	0	6564	251	0
g1-pile			0	0	1467	0	0
g2			0	0	1107	35	0
e2			17	0	631	3	104
e3.3			17	0	152	5	102
e3.4			63	0	-229	8	380
q1.1			0	3	2977	3199	285
q1.2			0	4	2168	5545	18
q3			137	0	0	0	824
q4			0	0	0	0	0
q5-impalcato			0	136	0	982	0
q5-pile			0	15	0	34	0
q6.1			638	91	-155	537	3743
q6.2			191	302	-155	1791	1122
q6.3			191	91	-519	537	1122
q7			77	0	0	0	422

PILA 01

###### SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

H	=	6.50 m	altezza pila				
			<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato			0	0	5751	246	0
g1-pile			0	0	1572	0	0
g2			0	0	941	33	0
e2			0	0	-277	7	0
e3.3			0	0	135	2	0
e3.4			0	0	-50	1	0
q1.1			0	1	2876	1042	196
q1.2			0	6	2000	5535	100
q3			137	0	0	0	959
q4			0	0	0	0	0
q5-impalcato			0	138	0	1146	0
q5-pile			0	18	0	49	0
q6.1			644	95	-151	661	4403
q6.2			193	317	-151	2205	1320
q6.3			193	95	-504	661	1320
q7			67	0	0	0	435

PILA 02

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 19 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

**SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA**

H = 5.50 m altezza pila

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato	0	0	6528	251	0
g1-pile	0	0	1467	0	0
g2	0	0	1089	34	0
e2	17	0	632	3	103
e3.3	17	0	152	5	102
e3.4	63	0	-228	7	380
q1.1	0	3	2965	3189	79
q1.2	0	4	2167	5492	54
q3	137	0	0	0	824
q4	0	0	0	0	0
q5-impalcato	0	136	0	981	0
q5-pile	0	15	0	34	0
q6.1	638	91	-155	536	3743
q6.2	191	302	-155	1789	1122
q6.3	191	91	-516	536	1122
q7	76	0	0	0	419

**PILA 03**

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

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

**PILA 01**

**SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO**

	P01-D			P01-S		
	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	0	0	3246	0	0	3318
g2	0	0	549	0	0	558
e2	9	0	316	9	0	315
e3.3	8	0	76	8	0	77
e3.4	32	0	-113	32	0	-115
q1.1	0	1	1617	0	2	1877
q1.2	0	3	389	0	3	1189
q3	69	0	0	69	0	0
q4	0	0	0	0	0	0
q5-impalcato	0	68	24	0	68	-24
q6.1	416	63	-104	416	63	-105
q6.2	125	209	-107	125	209	-108
q6.3	125	63	-345	125	63	-350
q7	38	0	0	39	0	0

**PILA 02**

**SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO**

	P02-D			P02-S		
	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	0	0	2840	0	0	2911
g2	0	0	466	0	0	475
e2	0	0	-138	0	0	-140
e3.3	0	0	67	0	0	68
e3.4	0	0	-25	0	0	-25
q1.1	0	1	1634	0	3	1804
q1.2	0	4	353	0	4	1118
q3	68	0	0	0	0	0
q4	0	0	0	68	0	0
q5-impalcato	0	69	25	0	0	0
q6.1	415	64	-101	0	69	-25
q6.2	124	213	-105	415	64	-102
q6.3	124	64	-336	124	213	-106
q7	33	0	0	34	0	0



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

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

	<b>S.L.car</b>								<b>S.L.E.</b>								<b>S.L.freq</b>								<b>S.L.qp</b>			
<b>g1</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>g2</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>e2</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>e3.3</b>	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.50	0
<b>e3.4</b>	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.60	0	0.50	0	0
<b>q1.1</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>q1.2</b>	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>q3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>q4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>q5</b>	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	0	0
<b>q6.1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>q6.2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>q6.3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>q7</b>	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

### 3.3 SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

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

In queste tabelle si riportano le sollecitazioni relative alle diverse combinazioni di carico con riferimento alla sezione di spiccato (per agevolare le verifiche da fare successivamente, sono qui evidenziati i valori massimi di ogni sollecitazione ed il valore minimo dello sforzo assiale nella combinazione sismica).

#### PILA 01

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

	<b>S.L.U.</b>								<b>q3</b>									
<b>Fx</b>	102	136	102	136	102	135	102	135	308	342	308	342	308	341	308	341	308	341
<b>Fy</b>	140	140	-131	-131	141	141	-129	-129	139	139	-132	-132	140	140	-131	-131	140	140
<b>Fz</b>	17223	16948	17223	16948	16131	15857	16131	15856	16218	15943	16218	15943	15399	15125	15399	15125	15399	15125
<b>Mx</b>	5625	5626	3797	3799	8792	8794	8792	8794	6965	6966	4545	4547	2718	2719	6921	6922	5093	5095
<b>My</b>	961	1161	961	1161	602	802	602	802	2101	2301	2101	2301	1631	2032	1631	2031	1631	2031

	<b>S.L.U.</b>								<b>q5</b>									
<b>Fx</b>	102	136	102	136	102	135	102	135	102	136	102	136	102	135	102	135	102	135
<b>Fy</b>	139	139	-132	-132	140	140	-131	-131	229	229	-222	-222	230	230	-221	-221	230	230
<b>Fz</b>	16218	15943	16218	15943	15399	15125	15399	15125	16218	15943	16218	15943	15399	15125	15399	15125	15399	15125
<b>Mx</b>	4545	4547	2718	2719	6921	6922	5093	5095	5154	5156	2108	2110	7530	7532	4484	4486	5095	5095
<b>My</b>	865	1065	865	1065	596	796	595	796	865	1065	865	1065	596	796	595	796	595	796

	<b>S.L.U.</b>								<b>q6.x</b>		<b>S.L.V.</b>		<b>q6.y</b>		<b>q6.z</b>	
<b>Fx</b>	110	166	110	166	110	166	110	166	710	733	263	286	263	286	263	286
<b>Fy</b>	139	139	-132	-132	140	140	-131	-131	91	91	302	302	91	91	91	91
<b>Fz</b>	16291	15834	16291	15834	15472	15015	15472	15015	9690	9500	9690	9500	9327	9136	9327	9136
<b>Mx</b>	4547	4550	2720	2723	6923	6926	5096	5099	827	828	2081	2083	828	829	828	829
<b>My</b>	914	1248	914	1248	644	978	644	978	4150	4289	1529	1668	1529	1668	1529	1668

	S.L.car								S.L.E.		S.L.freq				S.L.qp			
Fx	74	102	74	101	73	101	73	101	74	101	74	101	73	101	73	101	72	95
Fy	93	93	-88	-88	87	87	-93	-93	33	33	-28	-28	27	27	-33	-33	0	0
Fz	12094	11865	12094	11865	8235	8006	8235	8006	12094	11865	12094	11865	8235	8006	8235	8006	9846	9655
Mx	3300	3301	2081	2083	-3259	-3257	-4477	-4475	2894	2895	2487	2489	-3665	-3663	-4071	-4069	291	292
My	631	798	631	798	404	571	404	571	631	798	631	798	404	571	404	571	407	546

**PILA 02**

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

	S.L.U.								S.L.U.							
	q1				q3				q3				q5			
Fx	61	61	61	61	60	60	60	60	266	266	266	266	266	266	266	266
Fy	142	142	-139	-139	149	149	-131	-131	142	142	-139	-139	147	147	-134	-134
Fz	14803	14670	14803	14670	13621	13487	13621	13487	13833	13699	13833	13700	12946	12812	12946	12812
Mx	2868	2867	718	717	8933	8933	6783	6782	2516	2516	366	365	7065	7065	4915	4914
My	656	656	656	656	527	527	527	527	2028	2028	2028	2028	1931	1931	1931	1931

	S.L.U.								S.L.U.							
	q4				q5				q5				q5			
Fx	61	61	61	61	60	60	60	60	61	61	61	61	60	60	60	60
Fy	142	142	-139	-139	147	147	-134	-134	236	236	-233	-233	241	241	-227	-227
Fz	13833	13699	13833	13700	12946	12812	12946	12812	13833	13699	13833	13700	12946	12812	12946	12812
Mx	2516	2516	366	365	7065	7065	4915	4914	3233	3232	-351	-352	7762	7761	4198	4197
My	590	590	590	590	493	493	493	493	590	590	590	590	493	493	493	493

	S.L.U.				S.L.V.				S.L.V.					
	e3				q6.x				q6.y					
Fx	61	61	61	61	60	60	60	60	684	684	233	233	233	233
Fy	142	142	-139	-139	147	147	-134	-134	95	95	317	317	95	95
Fz	13897	13675	13897	13675	13010	12788	13010	12788	7903	7811	7903	7811	7550	7458
Mx	2517	2516	367	365	7066	7065	4916	4914	948	947	2492	2491	948	947
My	590	590	590	590	493	493	493	493	4664	4664	1581	1581	1581	1581

	S.L.car								S.L.E.		S.L.freq				S.L.qp			
Fx	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Fy	95	95	-93	-93	89	89	-98	-98	32	32	-30	-30	27	27	-36	-36	0	0
Fz	10225	10114	10225	10114	6568	6457	6568	6457	10225	10114	10225	10114	6568	6457	6568	6457	8054	7962
Mx	1785	1784	352	351	-3148	-3148	-4581	-4582	1307	1307	829	829	-3625	-3626	-4103	-4104	287	286
My	408	408	408	408	186	186	186	186	408	408	408	408	186	186	186	186	261	261

**PILA 03**

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

	S.L.U.								S.L.U.							
	q1				q3				q3				q5			
Fx	101	135	101	135	101	135	101	135	307	341	307	341	307	341	307	341
Fy	140	140	-131	-131	141	141	-129	-129	139	139	-132	-132	140	140	-131	-131
Fz	17136	16862	17136	16862	16058	15785	16058	15785	16135	15862	16135	15862	15327	15053	15327	15053
Mx	5610	5611	3783	3785	8719	8721	6893	6895	4534	4535	2707	2709	6866	6868	5039	5041
My	680	880	680	880	647	847	647	847	1889	2089	1889	2089	1864	2064	1864	2064

	S.L.U.								S.L.U.							
	q4				q5				q5				q5			
Fx	101	135	101	135	101	135	101	135	101	135	101	135	101	135	101	135
Fy	139	139	-132	-132	140	140	-131	-131	229	229	-222	-222	230	230	-221	-221
Fz	16135	15862	16135	15862	15327	15053	15327	15053	16135	15862	16135	15862	15327	15053	15327	15053
Mx	4534	4535	2707	2709	6866	6868	5039	5041	5142	5144	2098	2100	7475	7476	4430	4432
My	653	854	653	853	628	829	628	828	653	854	653	853	628	829	628	828

	S.L.U.				S.L.V.				S.L.V.					
	e3				q6.x				q6.y					
Fx	110	165	110	165	110	165	109	165	709	732	262	286	262	286
Fy	139	139	-132	-132	140	140	-131	-131	91	91	302	302	91	91
Fz	16208	15752	16208	15752	15400	14944	15399	14944	9638	9449	9638	9449	9277	9087
Mx	4536	4539	2709	2712	6868	6871	5042	5045	827	828	2079	2080	827	828
My	702	1036	702	1036	677	1011	677	1011	4148	4287	1527	1666	1527	1666

	S.L.car								S.L.E.		S.L.freq				S.L.qp	
Fx	73	101	73	101	73	101	73	101	73	101	73	101	73	101	71	94
Fy	93	93	-88	-88	87	87	-93	-93	33	33	-28	-28	27	27	-33	-33
Fz	12032	11804	12032	11804	8183	7955	8183	7955	12032	11804	12032	11804	8183	7955	8183	7955
Mx	3291	3293	2073	2075	-3219	-3218	-4437	-4436	2885	2887	2479	2481	-3625	-3624	-4031	-4030
My	474	641	474	641	375	541	375	541	474	641	474	641	375	541	375	541

**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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 23 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### PILA 01

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

P01-D										S.L.U.									
				<b>q1</b>										<b>q3</b>					
Fx	51	68	50	67	51	68	50	67	154	171	153	170	154	171	153	170			
Fy	62	62	-60	-60	65	65	-57	-57	62	62	-60	-60	64	64	-58	-58			
Fz	7761	7625	7718	7582	6103	5967	6060	5924	7215	7079	7172	7036	5972	5836	5929	5793			
V	80	92	79	90	83	94	76	88	166	181	165	180	167	182	164	180			
P01-S										S.L.U.									
				<b>q1</b>										<b>q3</b>					
Fx	52	68	51	68	52	68	51	68	155	171	154	171	155	171	154	171			
Fy	64	64	-58	-58	65	65	-57	-57	63	63	-59	-59	64	64	-58	-58			
Fz	8179	8041	8222	8084	7250	7111	7293	7154	7546	7407	7589	7450	6849	6710	6892	6753			
V	82	93	78	90	83	95	76	88	167	183	165	181	168	183	165	180			
P01-D										S.L.U.									
				<b>q4</b>										<b>q5</b>					
Fx	51	68	50	67	51	68	50	67	51	68	50	67	51	68	50	67			
Fy	62	62	-60	-60	64	64	-58	-58	102	102	-101	-101	105	105	-98	-98			
Fz	7215	7079	7172	7036	5972	5836	5929	5793	7229	7093	7158	7022	5986	5850	5915	5779			
V	80	92	79	90	82	93	77	88	114	123	113	121	117	125	111	119			
P01-S										S.L.U.									
				<b>q4</b>										<b>q5</b>					
Fx	52	68	51	68	52	68	51	68	52	69	51	68	52	69	51	68			
Fy	63	63	-59	-59	64	64	-58	-58	104	104	-100	-100	105	105	-98	-98			
Fz	7546	7407	7589	7450	6849	6710	6892	6753	7531	7393	7603	7465	6834	6696	6906	6768			
V	82	93	78	90	83	94	77	89	116	124	112	121	117	125	111	119			
P01-D										S.L.U.				S.L.V.					
				<b>e3</b>						<b>q6.x</b>		<b>q6.y</b>		<b>q6.z</b>					
Fx	55	83	54	82	55	83	54	82	452	463	160	172	160	172					
Fy	62	62	-60	-60	64	64	-58	-58	63	63	209	209	63	63					
Fz	7251	7025	7208	6982	6008	5782	5965	5739	4045	3950	4041	3947	3803	3709					
V	83	103	81	102	85	105	79	100	456	467	263	271	172	183					
P01-S										S.L.U.				S.L.V.					
				<b>e3</b>						<b>q6.x</b>		<b>q6.y</b>		<b>q6.z</b>					
Fx	56	84	55	83	56	84	55	83	452	464	161	172	161	172					
Fy	63	63	-59	-59	64	64	-58	-58	63	63	209	209	63	63					
Fz	7583	7352	7626	7395	6886	6655	6929	6698	4125	4029	4122	4026	3881	3784					
V	84	105	81	102	85	105	80	101	457	468	264	271	173	183					

### PILA 02

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

P02-D										S.L.U.									
				<b>q1</b>										<b>q3</b>					
Fx	30	30	30	30	30	30	30	30	133	133	133	133	133	133	133	133			
Fy	63	64	-61	-61	67	68	-57	-57	63	63	-61	-61	66	66	-58	-58			
Fz	6574	6508	6529	6462	4846	4780	4800	4734	6023	5957	5977	5911	4727	4660	4681	4614			
V	70	70	68	68	74	74	64	64	147	147	146	146	148	148	145	145			
P02-S										S.L.U.									
				<b>q1</b>										<b>q3</b>					
Fx	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31			
Fy	4	4	4	4	5	5	5	5	3	3	3	3	4	4	4	4			
Fz	6887	6820	6887	6820	5961	5894	5961	5894	6278	6212	6278	6212	5584	5517	5584	5517			
V	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31			
P02-D										S.L.U.									
				<b>q4</b>										<b>q5</b>					
Fx	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30			
Fy	63	63	-61	-61	66	66	-58	-58	105	105	-103	-103	108	108	-100	-100			
Fz	6023	5957	5977	5911	4727	4660	4681	4614	6038	5972	5962	5895	4742	4676	4666	4599			
V	70	70	68	68	73	73	65	65	109	109	107	107	112	112	104	104			
P02-S										S.L.U.									
				<b>q4</b>										<b>q5</b>					
Fx	133	133	133	133	133	133	133	133	31	31	31	31	31	31	31	31			
Fy	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4			
Fz	6278	6212	6278	6212	5584	5517	5584	5517	6278	6212	6278	6212	5584	5517	5584	5517			
V	133	133	133	133	133	133	133	133	31	31	31	31	31	31	31	31			
P02-D										S.L.U.				S.L.V.					
				<b>e3</b>						<b>q6.x</b>		<b>q6.y</b>		<b>q6.z</b>					
Fx	30	30	30	30	30	30	30	30	435	435	144	144	144	144					
Fy	63	63	-61	-61	66	66	-58	-58	64	64	213	213	64	64					
Fz	6055	5945	6009	5899	4759	4648	4713	4602	3101	3055	3097	3051	2866	2820					
V	70	70	68	68	73	73	65	65	439	439	257	257	158	158					
P02-S										S.L.U.				S.L.V.					
				<b>e3</b>						<b>q6.x</b>		<b>q6.y</b>		<b>q6.z</b>					
Fx	31	31	31	31	31	31	31	31	20	20	435	435	145	145					
Fy	3	3	3	3	4	4	4	4	69	69	64	64	213	213					
Fz	6311	6199	6311	6199	5616	5505	5616	5505	3255	3208	3178	3132	3174	3128					
V	31	31	31	31	31	31	31	31	72	72	440	440	257	257					

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 24 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### PILA 03

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

P03-D		S.L.U.								q3							
Fx	243	243	243	243	q1	200	200	200	200	232	232	232	232	200	200	200	200
Fy	86	86	86	86	87	87	87	87	87	91	91	91	91	91	91	91	91
Fz	4623	4449	4623	4449	7057	6883	7057	6883	6883	5254	5080	5254	5080	7079	6906	7079	6906
V	258	258	258	258	218	218	218	218	218	249	249	249	249	220	220	220	220

P03-S		S.L.U.								q3							
Fx	244	244	244	244	q1	201	201	201	201	233	233	233	233	201	201	201	201
Fy	85	85	85	85	87	87	87	87	87	89	89	89	89	91	91	91	91
Fz	4723	4551	4723	4551	7423	7251	7423	7251	7251	6531	6359	6531	6359	8556	8384	8556	8384
V	258	258	258	258	219	219	219	219	219	250	250	250	250	221	221	221	221

P03-D		S.L.U.								q5							
Fx	335	335	335	335	q4	303	303	303	303	232	232	232	232	200	200	200	200
Fy	86	86	86	86	87	87	87	87	87	86	86	86	86	87	87	87	87
Fz	4661	4487	4661	4487	6486	6312	6486	6312	6312	4661	4487	4661	4487	6486	6312	6486	6312
V	346	346	346	346	315	315	315	315	315	248	248	248	248	218	218	218	218

P03-S		S.L.U.								q5							
Fx	336	336	336	336	q4	304	304	304	304	233	233	233	233	201	201	201	201
Fy	85	85	85	85	86	86	86	86	86	85	85	85	85	86	86	86	86
Fz	4762	4590	4762	4590	6787	6615	6787	6615	6615	4762	4590	4762	4590	6787	6615	6787	6615
V	347	347	347	347	316	316	316	316	316	248	248	248	248	219	219	219	219

P03-D		S.L.U. e3				q6.x				S.L.V. q6.y				q6.z			
Fx	236	236	236	236	204	204	204	204	146	146	562	562	271	271	271	271	
Fy	86	86	86	86	87	87	87	87	132	132	126	126	273	273	273	273	
Fz	4813	4523	4813	4523	6638	6349	6638	6349	3610	3490	3483	3363	3480	3359	3480	3359	
V	251	251	251	251	222	222	222	222	197	197	576	576	384	384	384	384	

P03-S		S.L.U. e3				q6.x				S.L.V. q6.y				q6.z			
Fx	237	237	237	237	205	205	205	205	147	147	563	563	271	271	271	271	
Fy	85	85	85	85	86	86	86	86	131	131	125	125	272	272	272	272	
Fz	4913	4626	4913	4626	6938	6651	6938	6651	3640	3521	3559	3440	3556	3437	3556	3437	
V	252	252	252	252	223	223	223	223	197	197	577	577	384	384	384	384	

### 3.3.3 Sollecitazioni sulla palificata

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

#### PILA 1 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU1	102	140	24145	5974	705
SLU2	136	140	23871	5564	936
SLU3	102	-131	24145	3470	705
SLU4	136	-131	23871	3060	936
SLU5	102	141	23054	9146	347
SLU6	135	141	22779	8736	577
SLU7	102	-129	23054	6642	347
SLU8	135	-129	22779	6232	577
SLU9	308	139	23140	4892	1330
SLU10	342	139	22866	4482	1561
SLU11	308	-132	23140	2388	1330
SLU12	342	-132	22866	1978	1561
SLU13	308	140	22322	7271	1062
SLU14	341	140	22047	6861	1292
SLU15	308	-131	22322	4767	1061
SLU16	341	-131	22047	4357	1292
SLU17	102	139	23140	4892	610
SLU18	136	139	22866	4482	840
SLU19	102	-132	23140	2388	609
SLU20	136	-132	22866	1978	840

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 25 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

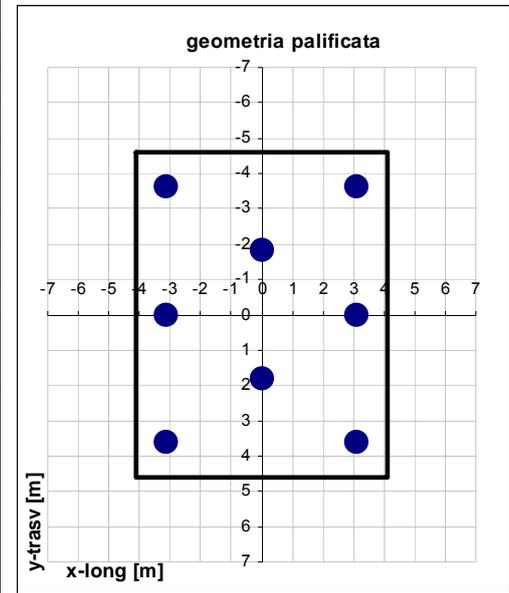
**PILA 1 - Sollecitazione sulla palificata**

<b>comb</b>	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU21	102	140	22322	7271	341
SLU22	135	140	22047	6861	571
SLU23	102	-131	22322	4767	341
SLU24	135	-131	22047	4357	571
SLU25	102	229	23140	5726	610
SLU26	136	229	22866	5316	840
SLU27	102	-222	23140	1553	609
SLU28	136	-222	22866	1143	840
SLU29	102	230	22322	8105	341
SLU30	135	230	22047	7695	571
SLU31	102	-221	22322	3932	341
SLU32	135	-221	22047	3522	571
SLU33	110	139	23214	4894	638
SLU34	166	139	22756	4211	1022
SLU35	110	-132	23214	2390	638
SLU36	166	-132	22756	1707	1022
SLU37	110	140	22395	7273	369
SLU38	166	140	21938	6590	754
SLU39	110	-131	22395	4769	369
SLU40	166	-131	21938	4086	753
SLV1	710	91	14818	1054	2376
SLV2	733	91	14628	770	2536
SLV3	263	302	14818	1693	1350
SLV4	286	302	14628	1409	1510
SLV5	263	91	14455	1054	872
SLV6	286	91	14264	770	1032
SLE-C1	74	93	17221	3531	447
SLE-C2	102	93	16993	3190	639
SLE-C3	74	-88	17221	1862	447
SLE-C4	101	-88	16993	1521	639
SLE-C5	73	87	13363	-3041	220
SLE-C6	101	87	13134	-3383	413
SLE-C7	73	-93	13363	-4710	220
SLE-C8	101	-93	13134	-5052	413
SLE-F1	74	33	17221	2975	447
SLE-F2	101	33	16993	2633	639
SLE-F3	74	-28	17221	2419	447
SLE-F4	101	-28	16993	2077	639
SLE-F5	73	27	13363	-3597	220
SLE-F6	101	27	13134	-3939	413
SLE-F7	73	-33	13363	-4154	220
SLE-F8	101	-33	13134	-4495	413
SLE-QP1	72	0	14974	291	228
SLE-QP2	95	0	14783	6	388

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 26 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

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

Geometria della palificata			trasversale	longitudinale
PALO	X	Y	Jxi	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



#### PILA 1 - Azioni sui pali

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]								TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU1	2695	3064	3433	2834	3203	2603	2972	3341	13	17	22
SLU2	2702	3045	3388	2812	3156	2579	2923	3266	17	17	24
SLU3	2850	3064	3278	2911	3125	2758	2972	3186	13	-16	21
SLU4	2856	3045	3234	2889	3078	2734	2923	3112	17	-16	24
SLU5	2340	2904	3469	2599	3164	2294	2859	3424	13	18	22
SLU6	2346	2885	3424	2578	3117	2270	2810	3349	17	18	24
SLU7	2494	2904	3314	2677	3087	2449	2859	3269	13	-16	21
SLU8	2500	2885	3270	2655	3040	2425	2810	3194	17	-16	23
SLU9	2678	2980	3281	2742	3044	2504	2806	3108	39	17	42
SLU10	2684	2960	3237	2720	2997	2480	2756	3033	43	17	46
SLU11	2832	2980	3127	2819	2966	2658	2806	2953	39	-16	42
SLU12	2838	2960	3082	2797	2919	2634	2756	2878	43	-16	46
SLU13	2411	2860	3308	2566	3015	2272	2721	3170	38	17	42
SLU14	2417	2840	3264	2544	2968	2248	2671	3095	43	17	46
SLU15	2565	2860	3154	2643	2937	2427	2721	3015	38	-16	42
SLU16	2571	2840	3109	2621	2890	2403	2671	2940	43	-16	46
SLU17	2630	2932	3234	2742	3044	2551	2853	3155	13	17	22
SLU18	2637	2913	3190	2720	2997	2527	2803	3080	17	17	24
SLU19	2785	2932	3080	2819	2966	2705	2853	3000	13	-16	21
SLU20	2791	2913	3035	2797	2919	2681	2803	2925	17	-16	24
SLU21	2364	2812	3261	2566	3015	2319	2768	3217	13	17	22
SLU22	2370	2793	3217	2544	2968	2295	2719	3142	17	17	24
SLU23	2518	2812	3107	2643	2937	2474	2768	3062	13	-16	21
SLU24	2524	2793	3062	2621	2890	2450	2719	2988	17	-16	24
SLU25	2579	2932	3286	2716	3069	2499	2853	3206	13	29	31
SLU26	2585	2913	3241	2694	3022	2475	2803	3132	17	29	33

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 27 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

**PILA 1 - Azioni sui pali**

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]								TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU27	2837	2932	3028	2845	2940	2757	2853	2949	13	-28	31
SLU28	2843	2913	2984	2823	2894	2733	2803	2874	17	-28	33
SLU29	2312	2812	3313	2540	3040	2268	2768	3268	13	29	31
SLU30	2318	2793	3268	2518	2993	2244	2719	3194	17	29	33
SLU31	2570	2812	3055	2669	2912	2525	2768	3011	13	-28	30
SLU32	2576	2793	3011	2647	2865	2501	2719	2936	17	-28	32
SLU33	2641	2943	3246	2751	3053	2558	2860	3162	14	17	22
SLU34	2651	2911	3171	2715	2974	2518	2778	3038	21	17	27
SLU35	2796	2943	3091	2828	2975	2712	2860	3008	14	-16	21
SLU36	2806	2911	3017	2792	2897	2672	2778	2883	21	-16	27
SLU37	2375	2823	3272	2575	3024	2326	2775	3224	14	17	22
SLU38	2385	2791	3198	2539	2946	2286	2693	3100	21	17	27
SLU39	2529	2823	3118	2652	2947	2481	2775	3070	14	-16	21
SLU40	2539	2791	3044	2616	2868	2441	2693	2945	21	-16	26
SLV1	1942	2008	2073	1820	1885	1632	1697	1762	89	11	89
SLV2	1947	1994	2042	1805	1852	1615	1663	1710	92	11	92
SLV3	1836	1940	2045	1800	1905	1660	1764	1869	33	38	50
SLV4	1840	1927	2014	1785	1872	1643	1730	1817	36	38	52
SLV5	1799	1864	1929	1774	1839	1685	1750	1815	33	11	35
SLV6	1803	1851	1898	1759	1807	1668	1716	1763	36	11	38
SLE-C1	1964	2182	2400	2044	2262	1905	2123	2341	9	12	15
SLE-C2	1969	2166	2363	2026	2223	1885	2082	2279	13	12	17
SLE-C3	2067	2182	2297	2095	2210	2009	2123	2238	9	-11	14
SLE-C4	2072	2166	2260	2077	2171	1988	2082	2176	13	-11	17
SLE-C5	1872	1685	1497	1764	1576	1844	1656	1468	9	11	14
SLE-C6	1878	1669	1460	1746	1537	1824	1615	1406	13	11	17
SLE-C7	1975	1685	1394	1816	1525	1947	1656	1365	9	-12	15
SLE-C8	1981	1669	1357	1798	1486	1927	1615	1303	13	-12	17
SLE-F1	1998	2182	2366	2061	2244	1940	2123	2307	9	4	10
SLE-F2	2003	2166	2328	2043	2205	1920	2082	2245	13	4	13
SLE-F3	2033	2182	2331	2078	2227	1974	2123	2273	9	-3	10
SLE-F4	2038	2166	2294	2060	2188	1954	2082	2211	13	-3	13
SLE-F5	1907	1685	1463	1781	1559	1878	1656	1434	9	3	10
SLE-F6	1912	1669	1426	1763	1520	1858	1615	1372	13	3	13
SLE-F7	1941	1685	1428	1799	1542	1912	1656	1400	9	-4	10
SLE-F8	1946	1669	1391	1780	1503	1892	1615	1337	13	-4	13
SLE-QP1	1869	1887	1905	1863	1881	1839	1857	1875	9	0	9
SLE-QP2	1873	1873	1874	1848	1848	1822	1822	1823	12	0	12

**PILA 2 - Sollecitazione sulla palificata**

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU1	61	142	21726	3224	504
SLU2	61	142	21593	3132	504
SLU3	61	-139	21726	371	504
SLU4	61	-139	21593	280	504
SLU5	60	149	20543	9307	376

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 28 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

**PILA 2 - Sollecitazione sulla palificata**

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU6	60	149	20410	9215	376
SLU7	60	-131	20543	6455	376
SLU8	60	-131	20410	6363	376
SLU9	266	142	20755	2871	1363
SLU10	266	142	20622	2779	1363
SLU11	266	-139	20755	19	1363
SLU12	266	-139	20622	-73	1363
SLU13	266	147	19868	7434	1267
SLU14	266	147	19735	7342	1267
SLU15	266	-134	19868	4581	1267
SLU16	266	-134	19735	4489	1267
SLU17	61	142	20755	2871	439
SLU18	61	142	20622	2779	439
SLU19	61	-139	20755	19	439
SLU20	61	-139	20622	-73	439
SLU21	60	147	19868	7434	342
SLU22	60	147	19735	7342	342
SLU23	60	-134	19868	4581	342
SLU24	60	-134	19735	4489	342
SLU25	61	236	20755	3822	439
SLU26	61	236	20622	3730	439
SLU27	61	-233	20755	-932	439
SLU28	61	-233	20622	-1024	439
SLU29	60	241	19868	8384	342
SLU30	60	241	19735	8293	342
SLU31	60	-227	19868	3630	342
SLU32	60	-227	19735	3539	342
SLU33	61	142	20820	2872	439
SLU34	61	142	20598	2719	439
SLU35	61	-139	20820	20	439
SLU36	61	-139	20598	-133	439
SLU37	60	147	19933	7434	342
SLU38	60	147	19711	7282	342
SLU39	60	-134	19933	4582	342
SLU40	60	-134	19711	4429	342
SLV1	684	95	13031	1186	2954
SLV2	684	95	12939	1122	2954
SLV3	233	317	13031	2115	1480
SLV4	233	317	12939	2051	1480
SLV5	233	95	12678	1186	998
SLV6	233	95	12586	1122	998
SLE-C1	40	95	15352	2022	307
SLE-C2	40	95	15241	1946	307
SLE-C3	40	-93	15353	120	307
SLE-C4	40	-93	15241	44	307
SLE-C5	40	89	11696	-2925	86
SLE-C6	40	89	11585	-3001	86
SLE-C7	40	-98	11696	-4827	86
SLE-C8	40	-98	11585	-4903	86

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 29 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### PILA 2 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLE-F1	40	32	15353	1388	307
SLE-F2	40	32	15241	1312	307
SLE-F3	40	-30	15353	754	307
SLE-F4	40	-30	15241	678	307
SLE-F5	40	27	11696	-3559	86
SLE-F6	40	27	11585	-3635	86
SLE-F7	40	-36	11696	-4193	86
SLE-F8	40	-36	11585	-4269	86
SLE-QP1	40	0	13182	287	161
SLE-QP2	40	0	13090	224	161

### PILA 2 - Azioni sui pali

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]								TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU1	2550	2749	2948	2616	2815	2484	2683	2882	8	18	19
SLU2	2539	2732	2925	2602	2796	2473	2666	2859	8	18	19
SLU3	2726	2749	2772	2704	2727	2660	2683	2706	8	-17	19
SLU4	2715	2732	2749	2690	2708	2649	2666	2683	8	-17	19
SLU5	2018	2592	3167	2281	2855	1969	2543	3118	8	19	20
SLU6	2007	2576	3145	2267	2836	1958	2527	3096	8	19	20
SLU7	2194	2592	2991	2369	2767	2145	2543	2942	8	-16	18
SLU8	2183	2576	2969	2355	2748	2134	2527	2919	8	-16	18
SLU9	2506	2684	2861	2506	2683	2328	2505	2683	33	18	38
SLU10	2495	2667	2838	2492	2664	2317	2489	2660	33	18	38
SLU11	2682	2684	2685	2594	2595	2504	2505	2506	33	-17	38
SLU12	2671	2667	2662	2580	2576	2493	2489	2484	33	-17	38
SLU13	2107	2566	3025	2254	2713	1942	2401	2860	33	18	38
SLU14	2096	2550	3003	2240	2693	1931	2384	2837	33	18	38
SLU15	2284	2566	2849	2342	2625	2118	2401	2684	33	-17	37
SLU16	2273	2550	2827	2328	2605	2107	2384	2661	33	-17	37
SLU17	2446	2623	2800	2506	2683	2389	2566	2743	8	18	19
SLU18	2435	2606	2778	2492	2664	2378	2549	2721	8	18	19
SLU19	2622	2623	2624	2594	2595	2565	2566	2567	8	-17	19
SLU20	2611	2606	2602	2580	2576	2554	2549	2545	8	-17	19
SLU21	2047	2506	2965	2254	2713	2002	2461	2920	8	18	20
SLU22	2036	2489	2942	2240	2693	1991	2445	2898	8	18	20
SLU23	2223	2506	2789	2342	2625	2178	2461	2744	8	-17	18
SLU24	2212	2489	2766	2328	2605	2167	2445	2722	8	-17	18
SLU25	2387	2623	2859	2476	2712	2330	2566	2802	8	29	30
SLU26	2376	2606	2837	2463	2693	2319	2549	2779	8	29	30
SLU27	2681	2623	2566	2623	2566	2623	2566	2508	8	-29	30
SLU28	2670	2606	2543	2609	2546	2612	2549	2486	8	-29	30
SLU29	1988	2506	3023	2225	2742	1944	2461	2979	8	30	31
SLU30	1977	2489	3001	2211	2723	1933	2445	2956	8	30	31
SLU31	2282	2506	2730	2372	2596	2237	2461	2685	8	-28	29
SLU32	2271	2489	2708	2358	2576	2226	2445	2663	8	-28	29
SLU33	2454	2631	2808	2514	2691	2397	2574	2751	8	18	19

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 30 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### PILA 2 - Azioni sui pali

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]								TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU34	2436	2603	2771	2491	2659	2378	2546	2714	8	18	19
SLU35	2630	2631	2632	2602	2603	2573	2574	2575	8	-17	19
SLU36	2612	2603	2595	2579	2571	2554	2546	2538	8	-17	19
SLU37	2055	2514	2973	2262	2721	2010	2469	2928	8	18	20
SLU38	2037	2486	2936	2239	2689	1992	2441	2891	8	18	20
SLU39	2231	2514	2797	2350	2633	2186	2469	2752	8	-17	18
SLU40	2213	2486	2760	2327	2601	2168	2441	2715	8	-17	18
SLV1	1749	1822	1895	1592	1665	1363	1436	1509	86	12	86
SLV2	1741	1810	1880	1583	1652	1355	1424	1494	86	12	86
SLV3	1595	1726	1856	1564	1694	1402	1532	1663	29	40	49
SLV4	1587	1714	1841	1554	1681	1394	1521	1647	29	40	49
SLV5	1577	1650	1723	1548	1621	1446	1520	1593	29	12	31
SLV6	1569	1638	1708	1539	1608	1439	1508	1577	29	12	31
SLE-C1	1814	1939	2064	1857	1981	1774	1899	2024	5	12	13
SLE-C2	1805	1925	2045	1845	1965	1765	1885	2005	5	12	13
SLE-C3	1932	1939	1947	1915	1923	1892	1899	1906	5	-12	13
SLE-C4	1923	1925	1928	1904	1907	1882	1885	1888	5	-12	13
SLE-C5	1648	1468	1287	1552	1372	1637	1456	1276	5	11	12
SLE-C6	1639	1454	1268	1541	1355	1628	1442	1257	5	11	12
SLE-C7	1766	1468	1170	1611	1313	1754	1456	1158	5	-12	13
SLE-C8	1756	1454	1151	1599	1297	1745	1442	1140	5	-12	13
SLE-F1	1853	1939	2025	1876	1962	1813	1899	1985	5	4	6
SLE-F2	1844	1925	2006	1865	1946	1804	1885	1966	5	4	6
SLE-F3	1893	1939	1986	1896	1942	1852	1899	1946	5	-4	6
SLE-F4	1883	1925	1967	1884	1926	1843	1885	1927	5	-4	6
SLE-F5	1687	1468	1248	1572	1352	1676	1456	1237	5	3	6
SLE-F6	1678	1454	1229	1560	1336	1667	1442	1218	5	3	6
SLE-F7	1726	1468	1209	1591	1333	1715	1456	1198	5	-4	7
SLE-F8	1717	1454	1190	1580	1316	1706	1442	1179	5	-4	7
SLE-QP1	1641	1658	1676	1639	1657	1620	1637	1655	5	0	5
SLE-QP2	1633	1647	1661	1629	1643	1612	1626	1639	5	0	5

### PILA 3 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU1	101	140	24058	5959	426
SLU2	135	140	23785	5551	657
SLU3	101	-131	24058	3456	426
SLU4	135	-131	23785	3048	657
SLU5	101	141	22981	9073	393
SLU6	135	141	22707	8665	624
SLU7	101	-129	22981	6570	393
SLU8	135	-129	22707	6162	624
SLU9	307	139	23057	4880	1121
SLU10	341	139	22784	4472	1352
SLU11	307	-132	23057	2377	1121
SLU12	341	-132	22784	1969	1351

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 31 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### PILA 3 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU13	307	140	22249	7216	1096
SLU14	341	140	21976	6807	1327
SLU15	307	-131	22249	4713	1096
SLU16	341	-131	21976	4304	1326
SLU17	101	139	23057	4880	400
SLU18	135	139	22784	4472	631
SLU19	101	-132	23057	2377	400
SLU20	135	-132	22784	1969	631
SLU21	101	140	22249	7216	375
SLU22	135	140	21976	6807	606
SLU23	101	-131	22249	4713	375
SLU24	135	-131	21976	4304	606
SLU25	101	229	23057	5715	400
SLU26	135	229	22784	5306	631
SLU27	101	-222	23057	1543	400
SLU28	135	-222	22784	1135	631
SLU29	101	230	22249	8050	375
SLU30	135	230	21976	7642	606
SLU31	101	-221	22249	3878	375
SLU32	135	-221	21976	3470	606
SLU33	110	139	23130	4883	428
SLU34	165	139	22675	4202	813
SLU35	110	-132	23130	2380	428
SLU36	165	-132	22675	1699	813
SLU37	110	140	22322	7218	403
SLU38	165	140	21867	6538	788
SLU39	109	-131	22322	4715	403
SLU40	165	-131	21867	4035	788
SLV1	709	91	14766	1053	2375
SLV2	732	91	14576	770	2535
SLV3	262	302	14766	1693	1348
SLV4	286	302	14576	1409	1509
SLV5	262	91	14405	1053	871
SLV6	286	91	14215	770	1031
SLE-C1	73	93	17160	3523	292
SLE-C2	101	93	16932	3183	484
SLE-C3	73	-88	17160	1854	292
SLE-C4	101	-88	16932	1514	484
SLE-C5	73	87	13311	-3002	192
SLE-C6	101	87	13083	-3342	384
SLE-C7	73	-93	13311	-4670	192
SLE-C8	101	-93	13083	-5010	384
SLE-F1	73	33	17160	2967	292
SLE-F2	101	33	16932	2627	484
SLE-F3	73	-28	17160	2410	292
SLE-F4	101	-28	16932	2070	484
SLE-F5	73	27	13311	-3558	192
SLE-F6	101	27	13083	-3898	384
SLE-F7	73	-33	13311	-4114	192

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 32 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

**PILA 3 - Sollecitazione sulla palificata**

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLE-F8	101	-33	13083	-4454	384
SLE-QP1	71	0	14921	291	227
SLE-QP2	94	0	14731	7	387

**PILA 3 - Azioni sui pali**

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]								TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU1	2667	3035	3403	2823	3191	2612	2979	3347	13	17	22
SLU2	2673	3016	3359	2802	3144	2588	2930	3273	17	17	24
SLU3	2822	3035	3248	2901	3114	2766	2979	3193	13	-16	21
SLU4	2828	3016	3204	2879	3067	2742	2930	3118	17	-16	23
SLU5	2338	2898	3458	2593	3153	2287	2847	3407	13	18	22
SLU6	2344	2879	3414	2571	3106	2263	2798	3332	17	18	24
SLU7	2493	2898	3304	2670	3075	2441	2847	3252	13	-16	21
SLU8	2499	2879	3260	2648	3029	2417	2798	3178	17	-16	23
SLU9	2654	2955	3257	2732	3033	2508	2809	3110	38	17	42
SLU10	2660	2936	3212	2710	2986	2484	2760	3036	43	17	46
SLU11	2809	2955	3102	2809	2956	2662	2809	2956	38	-16	42
SLU12	2815	2936	3058	2787	2909	2638	2760	2881	43	-16	46
SLU13	2407	2853	3298	2558	3004	2264	2710	3155	38	17	42
SLU14	2413	2834	3254	2537	2957	2240	2660	3081	43	17	46
SLU15	2562	2853	3144	2636	2927	2419	2710	3000	38	-16	42
SLU16	2568	2834	3099	2614	2880	2395	2660	2926	43	-16	46
SLU17	2607	2908	3210	2732	3033	2555	2856	3157	13	17	21
SLU18	2613	2889	3165	2710	2986	2531	2807	3083	17	17	24
SLU19	2762	2908	3055	2809	2956	2709	2856	3003	13	-16	21
SLU20	2768	2889	3011	2787	2909	2685	2807	2928	17	-16	24
SLU21	2360	2806	3251	2558	3004	2311	2757	3202	13	17	22
SLU22	2366	2787	3207	2537	2957	2287	2707	3128	17	17	24
SLU23	2515	2806	3097	2636	2927	2466	2757	3048	13	-16	21
SLU24	2521	2787	3052	2614	2880	2442	2707	2973	17	-16	23
SLU25	2556	2908	3261	2706	3059	2503	2856	3209	13	29	31
SLU26	2562	2889	3217	2684	3012	2479	2807	3134	17	29	33
SLU27	2813	2908	3004	2835	2930	2761	2856	2951	13	-28	31
SLU28	2819	2889	2959	2813	2883	2737	2807	2877	17	-28	32
SLU29	2309	2806	3303	2533	3030	2260	2757	3254	13	29	31
SLU30	2315	2787	3258	2511	2983	2236	2707	3179	17	29	33
SLU31	2566	2806	3045	2661	2901	2517	2757	2996	13	-28	30
SLU32	2572	2787	3001	2640	2854	2493	2707	2922	17	-28	32
SLU33	2618	2919	3221	2741	3042	2562	2863	3165	14	17	22
SLU34	2628	2887	3147	2705	2964	2522	2781	3041	21	17	27
SLU35	2772	2919	3066	2818	2965	2716	2863	3010	14	-16	21
SLU36	2783	2887	2992	2782	2887	2676	2781	2886	21	-16	26
SLU37	2371	2817	3262	2567	3013	2318	2764	3209	14	17	22
SLU38	2381	2785	3188	2532	2935	2278	2682	3085	21	17	27
SLU39	2526	2817	3108	2645	2936	2473	2764	3055	14	-16	21
SLU40	2536	2785	3034	2609	2858	2433	2682	2931	21	-16	26
SLV1	1936	2001	2066	1813	1878	1626	1691	1756	89	11	89

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 33 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### PILA 3 - Azioni sui pali

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]								TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLV2	1940	1988	2035	1798	1846	1609	1656	1704	92	11	92
SLV3	1829	1934	2038	1794	1898	1653	1758	1862	33	38	50
SLV4	1834	1921	2008	1779	1866	1636	1723	1810	36	38	52
SLV5	1792	1857	1922	1768	1833	1679	1744	1809	33	11	35
SLV6	1797	1844	1892	1753	1801	1662	1709	1757	36	11	37
SLE-C1	1947	2164	2382	2036	2254	1908	2126	2343	9	12	15
SLE-C2	1952	2148	2345	2018	2215	1888	2085	2281	13	12	17
SLE-C3	2050	2164	2279	2088	2202	2011	2126	2240	9	-11	14
SLE-C4	2055	2148	2242	2070	2163	1991	2085	2178	13	-11	17
SLE-C5	1862	1676	1491	1757	1571	1837	1651	1466	9	11	14
SLE-C6	1867	1661	1454	1739	1532	1817	1610	1404	13	11	17
SLE-C7	1965	1676	1388	1808	1520	1940	1651	1363	9	-12	15
SLE-C8	1970	1661	1351	1790	1481	1920	1610	1301	13	-12	17
SLE-F1	1981	2164	2347	2053	2237	1943	2126	2309	9	4	10
SLE-F2	1986	2148	2310	2035	2198	1923	2085	2247	13	4	13
SLE-F3	2015	2164	2313	2071	2219	1977	2126	2275	9	-3	10
SLE-F4	2020	2148	2276	2053	2180	1957	2085	2213	13	-3	13
SLE-F5	1896	1676	1457	1774	1554	1871	1651	1432	9	3	10
SLE-F6	1901	1661	1420	1756	1515	1851	1610	1370	13	3	13
SLE-F7	1930	1676	1422	1791	1537	1905	1651	1397	9	-4	10
SLE-F8	1935	1661	1386	1773	1498	1885	1610	1335	13	-4	13
SLE-QP1	1862	1880	1898	1856	1874	1832	1850	1868	9	0	9
SLE-QP2	1866	1867	1867	1841	1842	1816	1816	1817	12	0	12

Di seguito si riporta un prospetto riepilogativo delle sollecitazioni più significative agenti sui pali per l'SLU e l'SLV ed l' SLE:

#### STATICA-SLU

	Nmax	Nmin	Nmedio	Vmax
P01	3469	2244	3018	46
P02	3167	1931	2716	38
P03	3458	2236	3007	46
<b>max/min</b>	<b>3469</b>	<b>1931</b>	<b>3018</b>	<b>46</b>

#### SISMICA-SLV

	Nmax	Nmin	Nmedio	Vmax
P01	2073	1615	1852	92
P02	1895	1355	1629	86
P03	2066	1609	1846	92
<b>max/min</b>	<b>2073</b>	<b>1355</b>	<b>1852</b>	<b>92</b>

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 34 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### SLE\_Caratteristica

	<b>Nmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Vmax</b>
P01	2400	1303	17
P02	2064	1140	13
P03	2382	1301	17
<b>max/min</b>	<b>2400</b>	<b>1140</b>	<b>17</b>

### SLE\_Frequente

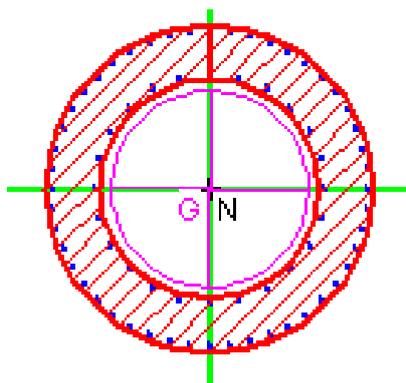
	<b>Nmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Vmax</b>
P01	2366	1337	13
P02	2025	1179	7
P03	2347	1335	13
<b>max/min</b>	<b>2366</b>	<b>1179</b>	<b>13</b>

### SLE\_Quasi Permanente

	<b>Nmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Vmax</b>
P01	1905	1822	12
P02	1676	1612	5
P03	1898	1816	12
<b>max/min</b>	<b>1905</b>	<b>1612</b>	<b>12</b>

## 4 VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE

La sezione tipo del fusto pile è rappresentata nella figura seguente. Attraverso diverse analisi di predimensionamento si è scelto di armare longitudinalmente il fusto delle pile con 72  $\Phi 18$ , di cui 48 posti lungo il perimetro esterno (passo 19.2 cm) e 24 lungo quello interno (passo 25.3 cm).



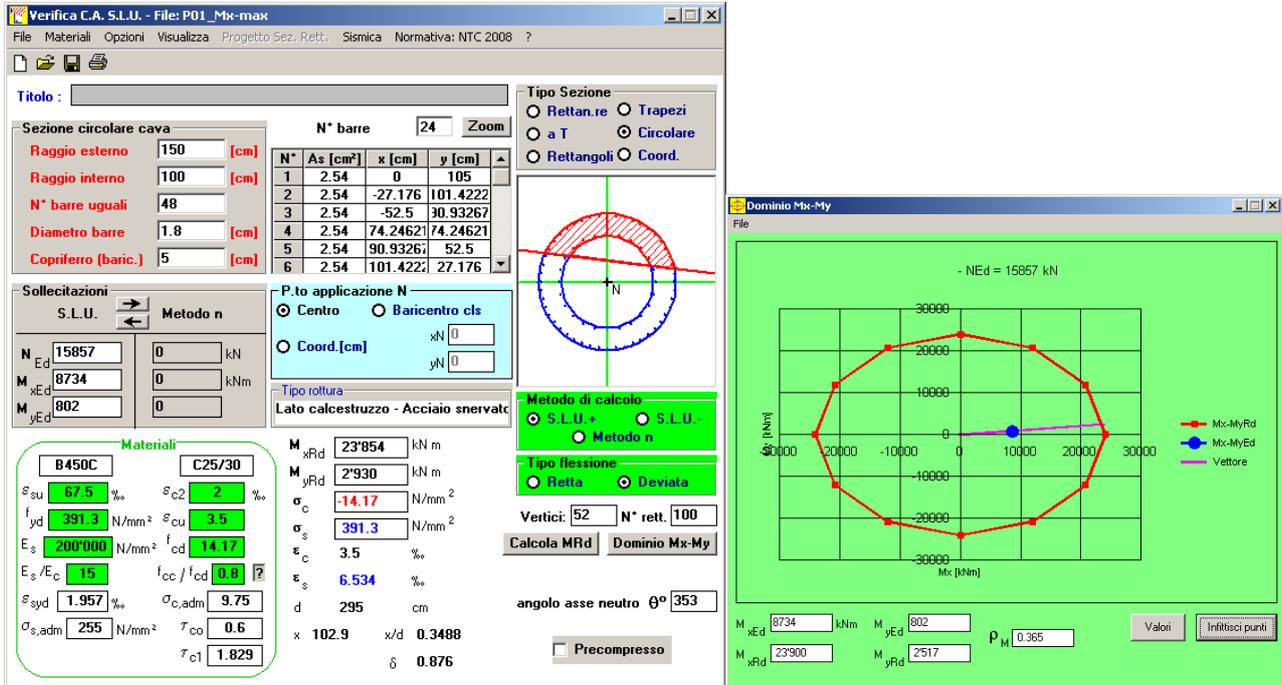
### 4.1 S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE

Sulla base delle sollecitazioni ottenute si sono condotte le verifiche di resistenza a presso-flessione deviata nelle condizioni di massimo momento trasversale, massimo momento longitudinale e minimo sforzo assiale, utilizzando il programma V.C.A.S.L.U.

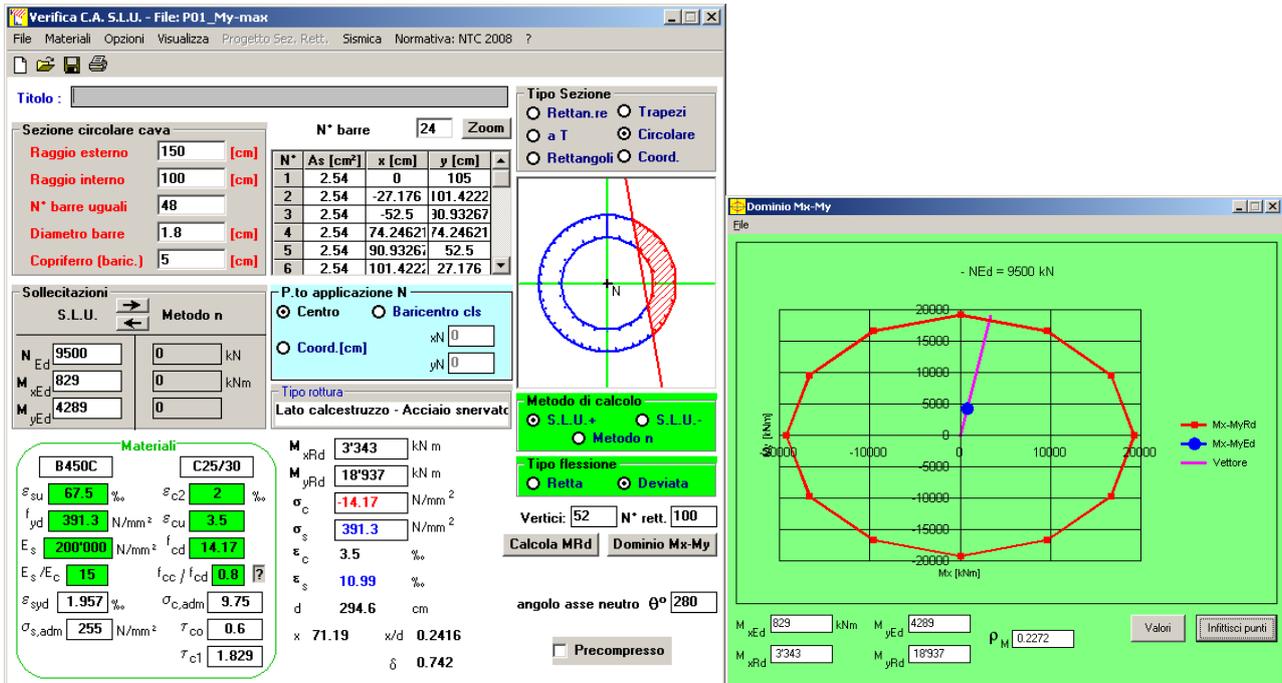
Si riporta di seguito l'output delle verifiche:

**PILA 01**

massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale





massimo momento longitudinale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P02\_My-max

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 150 [cm]  
 Raggio interno 100 [cm]  
 N° barre uguali 48  
 Diametro barre 1.8 [cm]  
 Copriferro (baric.) 5 [cm]

N° barre 24 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2.54	0	105
2	2.54	-27.176	101.4222
3	2.54	-52.5	30.93267
4	2.54	74.24621	74.24621
5	2.54	90.93267	52.5
6	2.54	101.4222	27.176

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 7811 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 947 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 4664 0 kNm

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviate

Vertici: 52 N° rett. 100

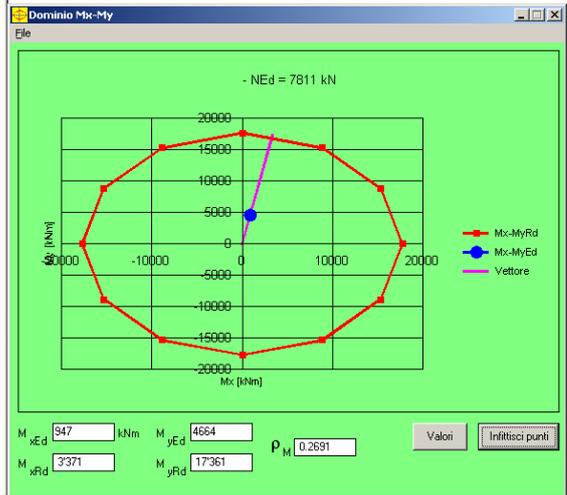
Calcola MRd Dominio Mx-My

Materiali  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
 τ<sub>c1</sub> 1.829

M<sub>xRd</sub> 3'371 kNm  
 M<sub>yRd</sub> 17'361 kNm  
 σ<sub>c</sub> -14.17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 12.55 ‰  
 d 294.5 cm  
 x 64.22 x/d 0.218  
 δ 0.7125

angolo asse neutro θ° 281

Precompresso



minimo sforzo assiale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P02\_N-min

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 150 [cm]  
 Raggio interno 100 [cm]  
 N° barre uguali 48  
 Diametro barre 1.8 [cm]  
 Copriferro (baric.) 5 [cm]

N° barre 24 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2.54	0	105
2	2.54	-27.176	101.4222
3	2.54	-52.5	30.93267
4	2.54	74.24621	74.24621
5	2.54	90.93267	52.5
6	2.54	101.4222	27.176

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 7458 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 947 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 1581 0 kNm

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviate

Vertici: 52 N° rett. 100

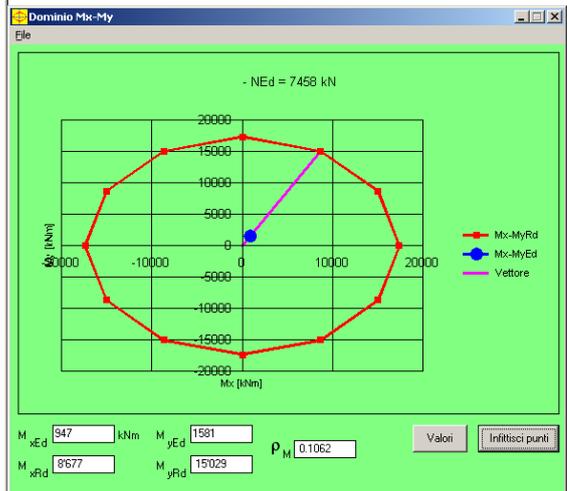
Calcola MRd Dominio Mx-My

Materiali  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
 τ<sub>c1</sub> 1.829

M<sub>xRd</sub> 8'677 kNm  
 M<sub>yRd</sub> 15'029 kNm  
 σ<sub>c</sub> -14.17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 12.9 ‰  
 d 294.9 cm  
 x 62.95 x/d 0.2135  
 δ 0.7068

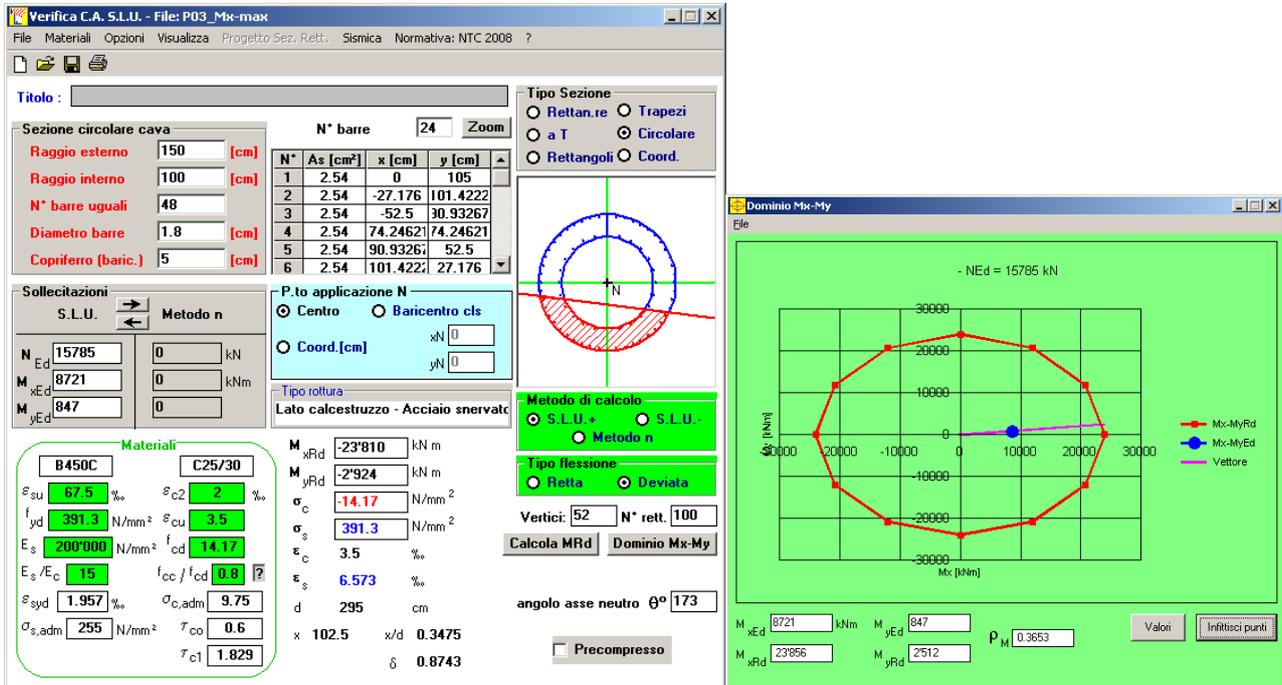
angolo asse neutro θ° 300

Precompresso

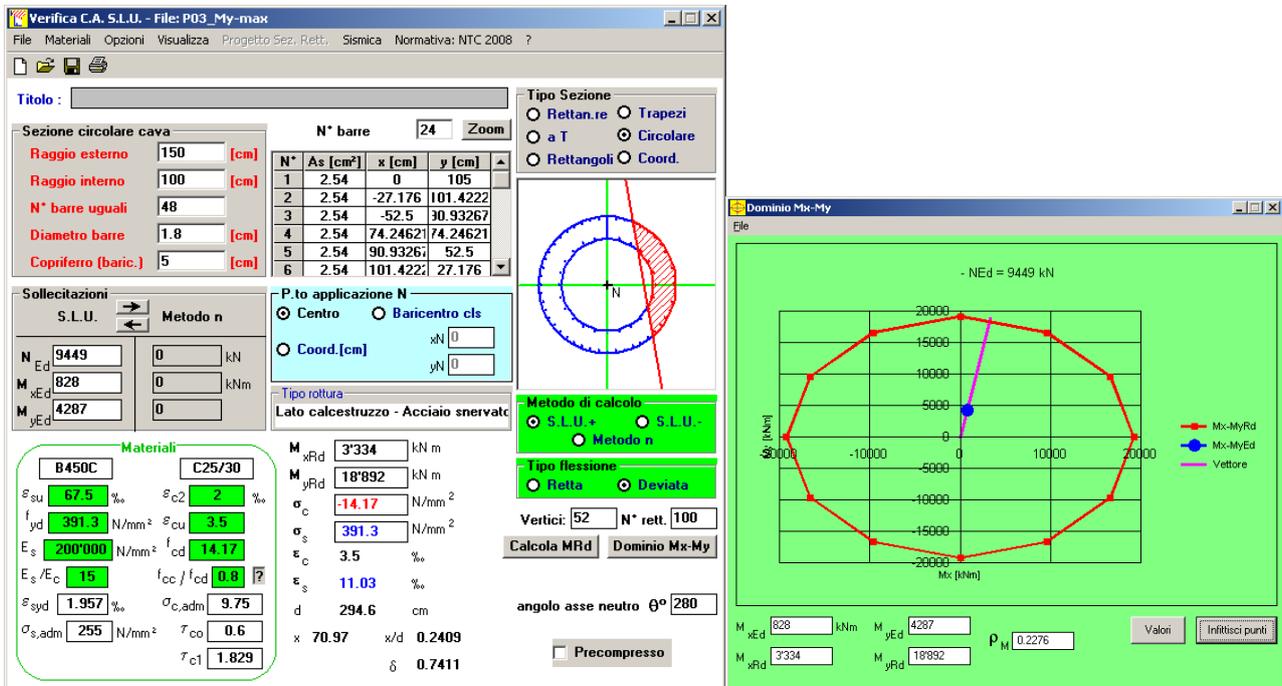


**PILA 03**

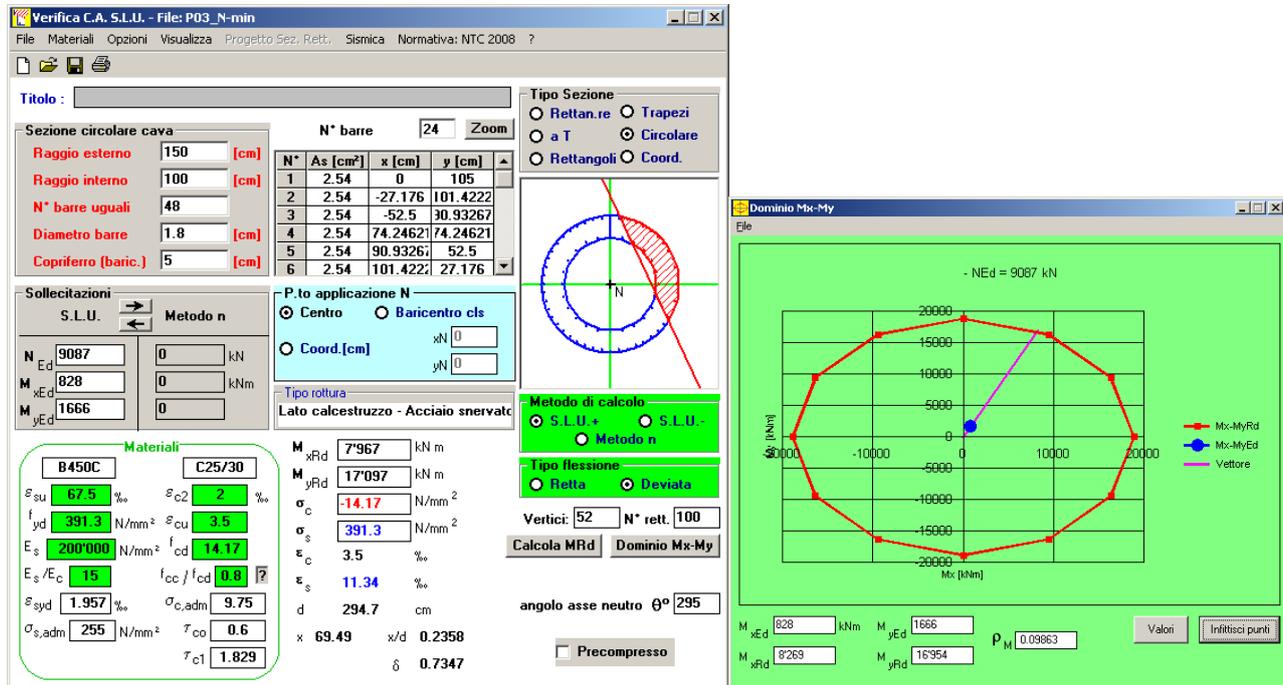
massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale



minimo sforzo assiale



## 4.2 S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO

Le verifiche alle tensioni tangenziali vengono effettuate nelle due combinazioni che massimizzano rispettivamente il taglio longitudinale ed il taglio trasversale, con i valori di sforzo assiale associati a tali combinazioni. Per le verifiche di taglio si fa riferimento a quanto prescritto nel paragrafo 4.1.2.1.3 delle norme tecniche per le costruzioni. La verifica a taglio viene eseguita nella sezione più sfavorevole per tutte le pile, che risulta essere quella all'estradosso del plinto di fondazione. La verifica condotta è riportata nel foglio di calcolo seguente, dal quale si evince che il taglio resistente del solo calcestruzzo risulta essere maggiore della sollecitazione di progetto e non risulterebbe quindi necessario disporre armatura a taglio.

V long      V trasv

### Geometria

$D_{est}$	=	3000	3000	mm	diametro esterno sezione
$D_{int}$	=	2000	2000	mm	diametro interno sezione
$d$	=	2950	2950	mm	altezza utile
$d_e$	=	2278	2278	mm	altezza utile equivalente
$b_{we}$	=	1000	1000	mm	larghezza sezione resistente a taglio

### Materiali

$R_{ck}$	=	30	30		resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f'_{cd}$	=	7.06	7.06	MPa	resistenza ridotta
$\gamma_s$	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 40 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### PILA 01

	V long	V trasv		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	=	732.7	302.4	kN
N	=	9499.7	9499.7	kN
				taglio
				sforzo normale (>0 compressione)
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
A <sub>sl</sub>	=	18322	18322	mm <sup>2</sup>
ρ <sub>l</sub>	=	0.005	0.005	
k	=	1.296	1.296	
V <sub>min</sub>	=	0.258	0.258	
σ <sub>cp</sub>	=	2.42	2.42	MPa
σ <sub>cp,ad</sub>	=	2.42	2.42	MPa
V <sub>Rd</sub>	=	1629.2	1629.2	kN
FS	=	2.22	5.39	
				armatura longitudinale
				rapporto geometrico di armatura longitudinale
				tensione media calcestruzzo
				tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
				taglio resistente

### PILA 02

	V long	V trasv		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	=	684.1	317.4	kN
N	=	7810.7	7810.7	kN
				taglio
				sforzo normale (>0 compressione)
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
A <sub>sl</sub>	=	18322	18322	mm <sup>2</sup>
ρ <sub>l</sub>	=	0.005	0.005	
k	=	1.296	1.296	
V <sub>min</sub>	=	0.258	0.258	
σ <sub>cp</sub>	=	1.99	1.99	MPa
σ <sub>cp,ad</sub>	=	1.99	1.99	MPa
V <sub>Rd</sub>	=	1482.2	1482.2	kN
FS	=	2.17	4.67	
				armatura longitudinale
				rapporto geometrico di armatura longitudinale
				tensione media calcestruzzo
				tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
				taglio resistente

### PILA 03

	V long	V trasv		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	=	732.3	302.2	kN
N	=	9448.6	9448.6	kN
				taglio
				sforzo normale (>0 compressione)
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
A <sub>sl</sub>	=	18322	18322	mm <sup>2</sup>
ρ <sub>l</sub>	=	0.005	0.005	
k	=	1.296	1.296	
V <sub>min</sub>	=	0.258	0.258	
σ <sub>cp</sub>	=	2.41	2.41	MPa
σ <sub>cp,ad</sub>	=	2.41	2.41	MPa
V <sub>Rd</sub>	=	1624.7	1624.7	kN
FS	=	2.22	5.38	
				armatura longitudinale
				rapporto geometrico di armatura longitudinale
				tensione media calcestruzzo
				tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
				taglio resistente

## 4.3 S.L.E. – FESSURAZIONE

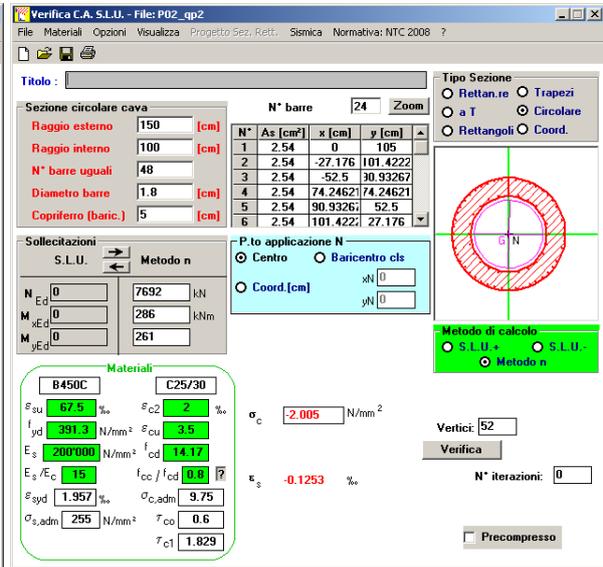
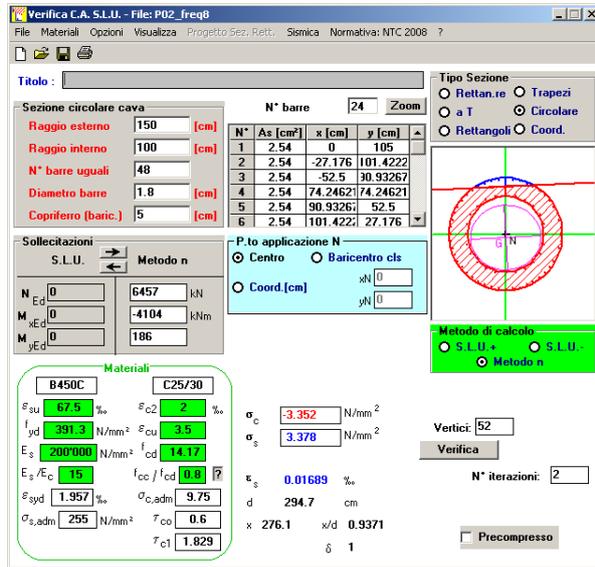
Si procede alla verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione  $\sigma_s$  è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo teso della sezione calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente.

Per quanto riguarda le condizioni ambientali e la sensibilità delle armature sono state assunte:

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

Definita la massima tensione ammissibile nelle barre di acciaio, si considerano per ogni combinazione le condizioni di sforzo normale e taglio agente e, con l'ausilio del programma di calcolo V.C.A.S.L.U.,

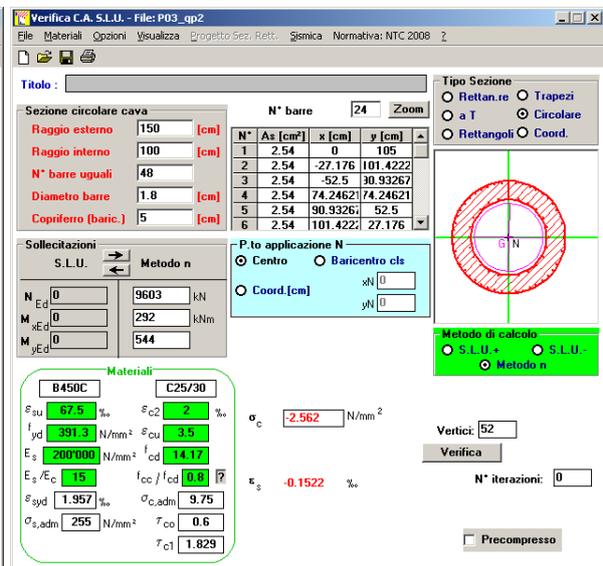
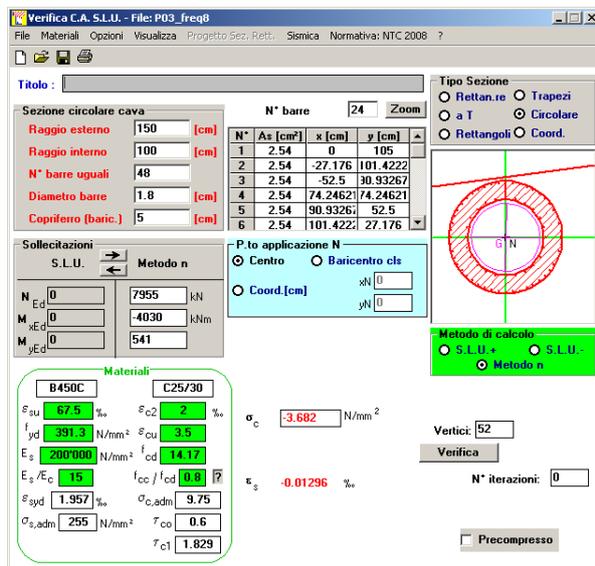




### PILA 03

#### Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
N	12032	11804	12032	11804	8183	7955	8183	7955	9793	9603	kN	sfuerzo assiale
M <sub>x</sub>	2885	2887	2479	2481	-3625	-3624	-4031	-4030	290	292	kNm	momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	474	641	474	641	375	541	375	541	405	544	kNm	momento flettente longitudinale
σ <sub>s,max</sub>	160	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
σ <sub>sd,max</sub>	OK	OK	OK	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo							



### 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: 0,80 f<sub>yk</sub> in

combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

**PILA 01**

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2				
					rara5	rara6								
<b>Sollecitazioni agenti</b>														
N	=	12094	11865	12094	11865	8235	8006	8235	8006	9846	9655	kN	sfuerzo assiale	
M <sub>x</sub>	=	3300	3301	2081	2083	-3259	-3257	-4477	-4475	291	292	kNm	momento flettente trasversale	
M <sub>y</sub>	=	631	798	631	798	404	571	404	571	407	546	kNm	momento flettente longitudinale	
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>														
σ <sub>c,max</sub>	=	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	11.21	11.21	[MPa]	massima tensione del cls da normativa	
σ <sub>c,Sd</sub>	=	-	-	-	-	-	-	-	-	3.89	-	2.58	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
<b>Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</b>														
σ <sub>s,max</sub>	=	360	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa	
σ <sub>s,Sd</sub>	=	-	-	-	-	-	-	-	57			[MPa]	tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio	
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK					

**PILA 02**

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2				
					rara5	rara6								
<b>Sollecitazioni agenti</b>														
N	=	10225	10114	10225	10114	6568	6457	6568	6457	8054	7962	kN	sfuerzo assiale	
M <sub>x</sub>	=	1785	1784	352	351	-3148	-3148	-4581	-4582	287	286	kNm	momento flettente trasversale	
M <sub>y</sub>	=	408	408	408	408	186	186	186	186	261	261	kNm	momento flettente longitudinale	
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>														
σ <sub>c,max</sub>	=	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	11.21	11.21	[MPa]	massima tensione del cls da normativa	
σ <sub>c,Sd</sub>	=	-	-	-	-	-	-	-	-	3.60	-	2.07	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
<b>Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</b>														
σ <sub>s,max</sub>	=	360	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa	
σ <sub>s,Sd</sub>	=	-	-	-	-	-	-	-	53			[MPa]	tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio	
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK					

Verifica C.A. S.L.U. - File: P02\_rara8

TITOLO :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 150 [cm]  
 Raggio interno 100 [cm]  
 N° barre uguali 48  
 Diametro barre 1.8 [cm]  
 Copriferro (baric.) 5 [cm]

N° barre 24

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2.54	0	105
2	2.54	-27.176	101.4222
3	2.54	-52.5	30.93267
4	2.54	74.24621	74.24621
5	2.54	90.93267	52.5
6	2.54	101.4222	27.176

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangol.  Coord.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 6457 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 -4582 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 186 kNm

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

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

Materiali  
 B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67.5 %  $\epsilon_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 %  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

$\sigma_c$  3.6 N/mm²  
 $\sigma_s$  7.759 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.03879 %  
 d 294.8 cm  
 $x$  257.7  $x/d$  0.8744  
 $\delta$  1  
 Vertici: 52  
 N° iterazioni: 3  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: P02\_qp2

TITOLO :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 150 [cm]  
 Raggio interno 100 [cm]  
 N° barre uguali 48  
 Diametro barre 1.8 [cm]  
 Copriferro (baric.) 5 [cm]

N° barre 24

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2.54	0	105
2	2.54	-27.176	101.4222
3	2.54	-52.5	30.93267
4	2.54	74.24621	74.24621
5	2.54	90.93267	52.5
6	2.54	101.4222	27.176

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangol.  Coord.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 7952 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 286 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 261 kNm

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

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

Materiali  
 B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67.5 %  $\epsilon_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 %  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

$\sigma_c$  2.069 N/mm²  
 $\sigma_s$  -0.1301 %  
 Vertici: 52  
 N° iterazioni: 0  
 Precompresso

**PILA 03**

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione				qp1	qp2	
	rara5	rara6	rara7	rara8							
<b>Sollecitazioni agenti</b>											
N	12032	11804	12032	11804	8183	7955	8183	7955	9793	9603	kN sforzo assiale
M <sub>x</sub>	3291	3293	2073	2075	-3219	-3218	-4437	-4436	290	292	kNm momento flettente trasversale
M <sub>y</sub>	474	641	474	641	375	541	375	541	405	544	kNm momento flettente longitudinale
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>											
$\sigma_{c,max}$	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	11.21	11.21	[MPa] massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	-	-	-	-	-	-	-	-	3.86	2.56	[MPa] tensione di calcolo del cls in esercizio
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
<b>Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</b>											
$\sigma_{s,max}$	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	[MPa] massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	-	-	-	-	-	-	-	-	57	57	[MPa] tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

Verifica C.A. S.L.U. - File: P03\_rara8

TITOLO :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 150 [cm]  
 Raggio interno 100 [cm]  
 N° barre uguali 48  
 Diametro barre 1.8 [cm]  
 Copriferro (baric.) 5 [cm]

N° barre 24

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2.54	0	105
2	2.54	-27.176	101.4222
3	2.54	-52.5	30.93267
4	2.54	74.24621	74.24621
5	2.54	90.93267	52.5
6	2.54	101.4222	27.176

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangol.  Coord.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 7955 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 -4436 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 541 kNm

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

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

Materiali  
 B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67.5 %  $\epsilon_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 %  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

$\sigma_c$  3.859 N/mm²  
 $\sigma_s$  0.02264 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0 %  
 d 295 cm  
 $x$  295.1  $x/d$  1  
 $\delta$  1  
 Vertici: 52  
 N° iterazioni: 1  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: P03\_qp2

TITOLO :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 150 [cm]  
 Raggio interno 100 [cm]  
 N° barre uguali 48  
 Diametro barre 1.8 [cm]  
 Copriferro (baric.) 5 [cm]

N° barre 24

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2.54	0	105
2	2.54	-27.176	101.4222
3	2.54	-52.5	30.93267
4	2.54	74.24621	74.24621
5	2.54	90.93267	52.5
6	2.54	101.4222	27.176

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangol.  Coord.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 9603 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 292 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 544 kNm

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

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

Materiali  
 B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67.5 %  $\epsilon_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 %  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

$\sigma_c$  2.562 N/mm²  
 $\sigma_s$  -0.1522 %  
 Vertici: 52  
 N° iterazioni: 0  
 Precompresso

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 45 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

## 5 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

Le pile del viadotto in questione, vista la modesta altezza, non rientrano nella classe degli elementi strutturali snelli. Tuttavia in questo paragrafo si espongono i calcoli relativi alla valutazione della snellezza delle suddette pile. Nel caso fosse necessaria, per la verifica di stabilità degli elementi snelli, nel punto 4.1.2.1.7.2 le NTC consentono l'utilizzo di metodi algebrici. In particolare, gli effetti del secondo ordine sono stati analizzati facendo riferimento alle norme UNI EN 1992-1-1:2005 e in particolare al metodo basato sulla "curvatura nominale" riportato al punto 5.8 della norma succitata. Nelle sezioni successive si illustra brevemente il metodo di verifica utilizzato nonché il dettaglio dei calcoli di verifica eseguiti.

### 5.1 METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

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

#### 5.1.1 Valutazione della snellezza

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

$r_m = M_{01} / M_{02}$ ; 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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 46 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

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  $l_0=2l$ .

## PILA 01

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

	Nmax	Mx,max	My,max		
<b>Materiali</b>					
$R_{ck}$	= 30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 24.9	24.9	24.9	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
$f_{cd}$	= 18.81	18.81	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	= 32.9	32.9	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	= 31447	31447	31447	MPa	modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	= 450	450	450	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
$\varepsilon_{yd}$	= 0.0019	0.0019	0.0019		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>					
D	= 3.00	3.00	3.00	m	diametro esterno
d	= 2.95	2.95	2.95	m	altezza utile
$d_{eq}$	= 2.28	2.28	2.28	m	altezza utile equivalente
$d_x$	= 2.28	2.28	2.28	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= 2.28	2.28	2.28	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= 3.93	3.93	3.93	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
L	= 5.50	5.50	5.50	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	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 0.90	0.90	0.90	m	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	= 18322	18322	18322	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.10	0.10	0.10		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
$L_{0x}$	= 11.00	11.00	11.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	= 11.00	11.00	11.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	= 12.2	12.2	12.2		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 12.2	12.2	12.2		snellezza trasversale
$\lambda$	= 12.2	12.2	12.2		snellezza massima
<b>Eccentricità</b>					
$\vartheta_0$	= 0.005	0.005	0.005		
$\alpha_h$	= 0.85	0.85	0.85		
$\alpha_m$	= 1.00	1.00	1.00		
$\vartheta_1$	= 0.004	0.004	0.004		
$e_{ix}$	= 0.02	0.02	0.02	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	= 0.02	0.02	0.02	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>					
$N_{Ed}$	= 17222.5	15856.5	9499.7	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= 5624.7	8793.9	828.7	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	= 5624.7	8793.9	828.7	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	= 0.0	0.0	0.0	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	= 961.3	801.8	4289.2	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	= 6029	9166	1051	kN*m	minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	= 6029	9166	1051	kN*m	massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	= 403.9	371.9	222.8	kN*m	minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	= 1365.2	1173.7	4512.0	kN*m	massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	= 6028.6	9165.8	1051.4	kN*m	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	= 980.7	853.0	2796.3	kN*m	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Valutazione della snellezza limite</b>					
A	= 0.70	0.70	0.70		
B	= 1.09	1.09	1.09		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	= 0.23	0.21	0.13		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	= 22.2	23.1	29.9		snellezza limite
	OK	OK	OK		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 47 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

## PILA 02

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

	Nmax	Mx,max	My,max		
<b>Materiali</b>					
$R_{ck}$	= 30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 24.9	24.9	24.9	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
$f_{cd}$	= 18.81	18.81	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	= 32.9	32.9	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	= 31447	31447	31447	MPa	modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	= 450	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	= 206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	= 0.0019	0.0019	0.0019		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>					
D	= 3.00	3.00	3.00	m	diametro esterno
d	= 2.95	2.95	2.95	m	altezza utile
$d_{eq}$	= 2.28	2.28	2.28	m	altezza utile equivalente
$d_x$	= 2.28	2.28	2.28	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= 2.28	2.28	2.28	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= 3.93	3.93	3.93	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
L	= 6.50	6.50	6.50	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>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 0.90	0.90	0.90	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	= 18322	18322	18322	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.10	0.10	0.10		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
$L_{0x}$	= 13.00	13.00	13.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	= 13.00	13.00	13.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	= 14.4	14.4	14.4		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 14.4	14.4	14.4		snellezza trasversale
$\lambda$	= 14.4	14.4	14.4		snellezza massima
<b>Eccentricità</b>					
$\vartheta_0$	= 0.005	0.005	0.005		
$\alpha_h$	= 0.78	0.78	0.78		
$\alpha_m$	= 1.00	1.00	1.00		
$\vartheta_1$	= 0.004	0.004	0.004		
$e_{ix}$	= 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>					
$N_{Ed}$	= 14803.5	13620.7	7810.7	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= 717.8	8933.5	947.0	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	= 717.8	8933.5	947.0	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	= 0.0	0.0	0.0	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	= 656.1	527.1	4664.4	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	= 1095	9281	1146	kN*m	minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	= 1095	9281	1146	kN*m	massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	= 377.4	347.3	199.1	kN*m	minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	= 1033.5	874.4	4863.6	kN*m	massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	= 1095.2	9280.7	1146.1	kN*m	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	= 771.1	663.5	2997.8	kN*m	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Valutazione della snellezza limite</b>					
A	= 0.70	0.70	0.70		
B	= 1.09	1.09	1.09		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	= 0.20	0.18	0.11		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	= 23.9	24.9	32.9		snellezza limite
	OK	OK	OK		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 48 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

## PILA 03

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

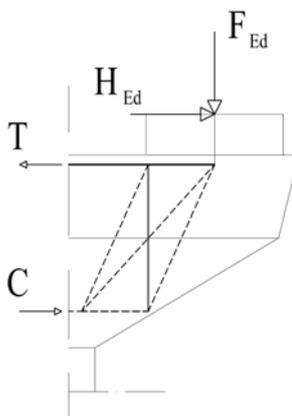
	Nmax	Mx,max	My,max		
<b>Materiali</b>					
$R_{ck}$	= 30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 24.9	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 18.81	18.81	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	= 32.9	32.9	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	= 31447	31447	31447	MPa	modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	= 450	450	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	= <b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	= 0.0019	0.0019	0.0019		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>					
D	= <b>3.00</b>	3.00	3.00	m	diametro esterno
d	= <b>2.95</b>	2.95	2.95	m	altezza utile
$d_{eq}$	= 2.28	2.28	2.28	m	altezza utile equivalente
$d_x$	= 2.28	2.28	2.28	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= 2.28	2.28	2.28	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= <b>3.93</b>	3.93	3.93	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
L	= 5.50	5.50	5.50	m	altezza elemento
$J_x$	= <b>3.19</b>	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	= <b>3.19</b>	3.19	3.19	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	= 0.90	0.90	0.90	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 0.90	0.90	0.90	m <sup>2</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$A_s$	= <b>18322</b>	18322	18322	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.10	0.10	0.10		rapporto meccanico di armatura
$\alpha_x$	= <b>2.00</b>	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
$\alpha_y$	= <b>2.00</b>	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
$L_{0x}$	= 11.00	11.00	11.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	= 11.00	11.00	11.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	= 12.2	12.2	12.2		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 12.2	12.2	12.2		snellezza trasversale
$\lambda$	= <b>12.2</b>	<b>12.2</b>	<b>12.2</b>		snellezza massima
<b>Eccentricità</b>					
$\vartheta_0$	= <b>0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>		
$\alpha_n$	= 0.85	0.85	0.85		
$\alpha_m$	= <b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>		
$\vartheta_1$	= 0.004	0.004	0.004		
$e_{ix}$	= 0.02	0.02	0.02	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	= 0.02	0.02	0.02	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>					
$N_{Ed}$	= 17135.5	<b>15784.7</b>	<b>9448.6</b>	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= <b>5609.6</b>	8721.1	<b>827.8</b>	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	= 5609.6	8721.1	827.8	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	= 0.0	0.0	0.0	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	= <b>680.0</b>	<b>846.8</b>	4286.7	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	= 6012	9091	1049	kN*m	minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	= 6012	9091	1049	kN*m	massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	= 401.9	370.2	221.6	kN*m	minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	= 1081.8	1217.0	4508.3	kN*m	massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	= 6011.5	9091.3	1049.3	kN*m	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	= 809.9	878.3	2793.6	kN*m	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Valutazione della snellezza limite</b>					
A	= <b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>		
B	= 1.09	1.09	1.09		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	= <b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
n	= 0.23	0.21	0.13		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	= <b>22.2</b>	<b>23.2</b>	<b>29.9</b>		snellezza limite
	OK	OK	OK		

Come si immaginava, la snellezza delle pile del viadotto in esame, essendo minore della snellezza limite, è tale da non rendere necessarie verifiche di stabilità.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 49 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

## 6 VERIFICA DEL PULVINO

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



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

RIEPILOGO Pulvini più sollecitati		
combinazione		
	Nmax	Vmax
Fz	8556	<b>4122</b>
V	<b>221</b>	577
	<b>P03-sx</b>	<b>P03-sx</b>

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

### Bridge Cap - Strut & Tie Model (calcolo mensola tozze con $a > z/2$ )

#### Materiali

$R_{ck}$	=	30	30	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{cd}$	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{yd}$	=	<b>391.3</b>	<b>391.3</b>	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	<b>12.70</b>	<b>12.70</b>	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi

#### Mensola

		P03-sx	P03-sx		
$F_{Ed}$	=	8556	4122	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$H_{Ed}$	=	221	577	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

#### Geometria

$a_c$	=	<b>2000</b>	2000	mm	distanza asse appoggio estradosso pila
B	=	<b>3200</b>	3200	mm	larghezza pulvino
$h_c$	=	<b>1500</b>	1500	mm	altezza pulvino
c	=	<b>200</b>	200	mm	copriferro (armatura su 3 strati distanti 150 mm)
$b_1$	=	<b>1100</b>	1100	mm	larghezza baggio
$b_2$	=	<b>1100</b>	1100	mm	lunghezza baggio
$b_{3,max}$	=	<b>330</b>	330	mm	altezza baggio (massima: a favore di sicurezza)
d	=	1300	1300	mm	altezza utile
z	=	1040	1040	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	210	101	mm	larghezza biella compressa
$y_1$	=	260	260	mm	altezza biella compressa
a	=	2105	2051	mm	distanza tra $F_{Ed}$ e asse larghezza pila collaborante
$a_H$	=	530	530	mm	distanza tra $H_{Ed}$ e armatura

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 50 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

#### Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

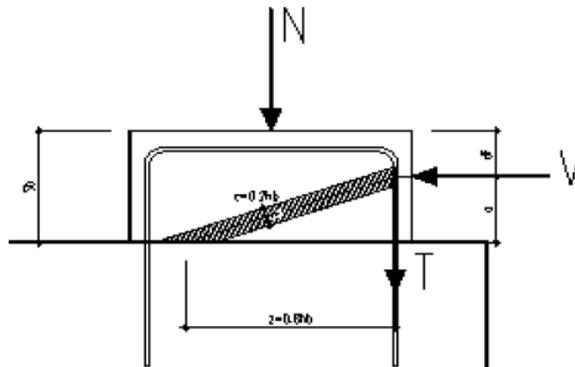
C	=	17432	8422	kN	risultante di compressione
T	=	17653	8998	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	10.48	5.06	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	1.21	2.51		
n	=	90	90		numero ferri superiore
$\emptyset$	=	26	26	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	47784	47784	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	369.43	188.31	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	1.06	2.08		

#### Verifica tirante secondario (armatura verticale)

$F_{wd}$	=	8694	4044	kN	risultante forza di taglio
$n_{br1}$	=	8	8		numero bracci in senso trasversale
$n_{br2}$	=	20	20		numero bracci in senso longitudinale
$\emptyset_w$	=	14	14	mm	diametro staffe
$k_2$	=	0.50	0.50		coefficiente per l'armatura a taglio minima
$A_{w,min1}$	=	22218	10336	mm <sup>2</sup>	armatura strettamente necessaria a taglio
$A_{w,min2}$	=	10932	5267	mm <sup>2</sup>	armatura minima a taglio
$A_{sw}$	=	24630	197041	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
$\sigma_s$	=	352.99	20.53	MPa	tensione di trazione staffe
FS	=	1.11	19.06		

## 6.1 VERIFICA BAGGIOLI

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



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

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

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

in cui:

N = carico concentrato all'appoggio

b = larghezza del baggiolo

$b_0$  = larghezza dell'appoggio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 51 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### Bridge Cap - Strut & Tie Model (calcolo mensola tozze con $a < z/2$ )

#### Materiali

$R_{ck}$	=	55	55	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ck}$	=	45.65	45.65	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{cd}$	=	25.9	25.9	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	21.14	21.14	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi

#### Mensola

		P03-sx	P03-sx		
$F_{Ed}$	=	8556	4122	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$H_{Ed}$	=	221	577	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

#### Geometria

$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_{3,max}$	=	330	330	mm	altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza)
$b_0$	=	950	950	mm	larghezza appoggio
$c$	=	30	30	mm	copriferro
$d$	=	1070	1070	mm	altezza utile
$z$	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	9	25	mm	larghezza biella compressa
$y_1$	=	214	214	mm	altezza biella compressa
$a$	=	335	342	mm	
$\alpha$	=	0.37	0.38	rad	

#### Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

$C$	=	237	621	kN	risultante di compressione
$T$	=	86	231	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	0.50	1.32	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	41.97	16.03		
$n$	=	6	6		numero ferri superiore
$\emptyset$	=	14	14	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	924	924	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	93.52	249.74	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	4.18	1.57		

#### Verifiche a fenditura (armatura verticale)

$T$	=	354	170	kN	risultante forza di taglio
$A_s$	=	904	904	mm <sup>2</sup>	armatura necessaria
$n_{str}$	=	2	2		numero strati
$n_{br}$	=	8	8		numero bracci x strato
$\emptyset_w$	=	14	14	mm	diametro staffe
$A_{sw}$	=	2463	2463	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
FS	=	2.73	2.73		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 52 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

## 7 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE

### 7.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

$R_{ck}$	=	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
$V_{max}$	=	92 kN	taglio alla testa del palo
$N$	=	1609 kN	sforzo assiale alla testa del palo
$M_{max}$	=	<b>219 kNm</b>	massimo momento flettente

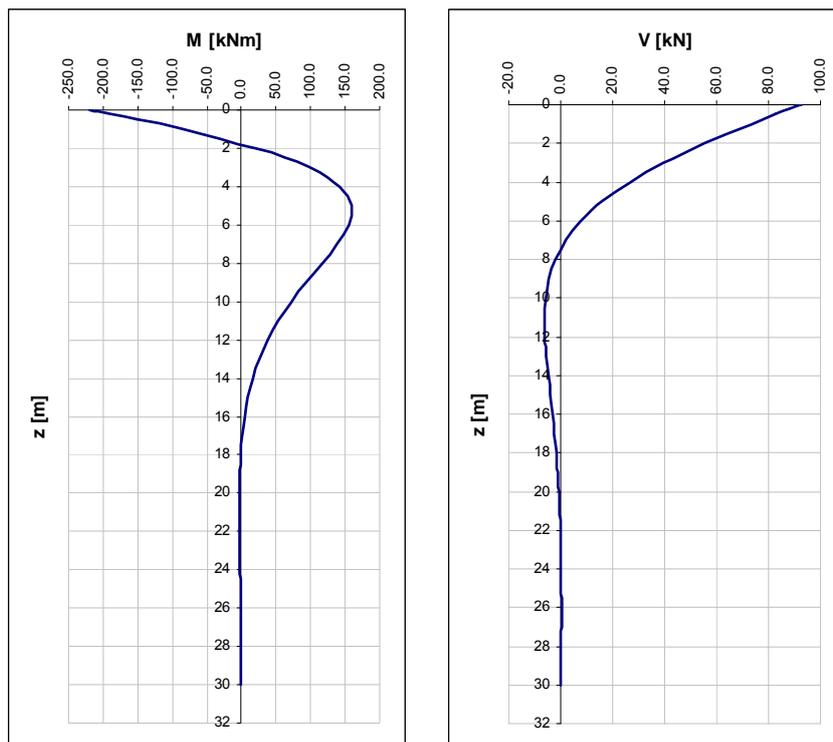


Figura 4: Diagrammi del momento flettente e del taglio di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 53 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

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

In tutte le palificate le gabbie vengono armate con 14Ø18. Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U. Si riportano di seguito le verifiche eseguite e una schermata di output di VCASLU relativa alla sezione di testa del palo più sollecitato:

	Z <sub>in</sub> [m]	Z <sub>fin</sub> [m]	L <sub>gabbia</sub> [m]	c' [cm]	Ø [mm]	n	s [cm]	M <sub>Ed</sub> [kN*m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>res</sub> [kN*m]	
gabbia n.1	-0.9	11.1	12	5	18	14	24.7	219.00	1609.0	1214	6.81 OK

Figura 5: Verifica pressoflessione del palo più caricato

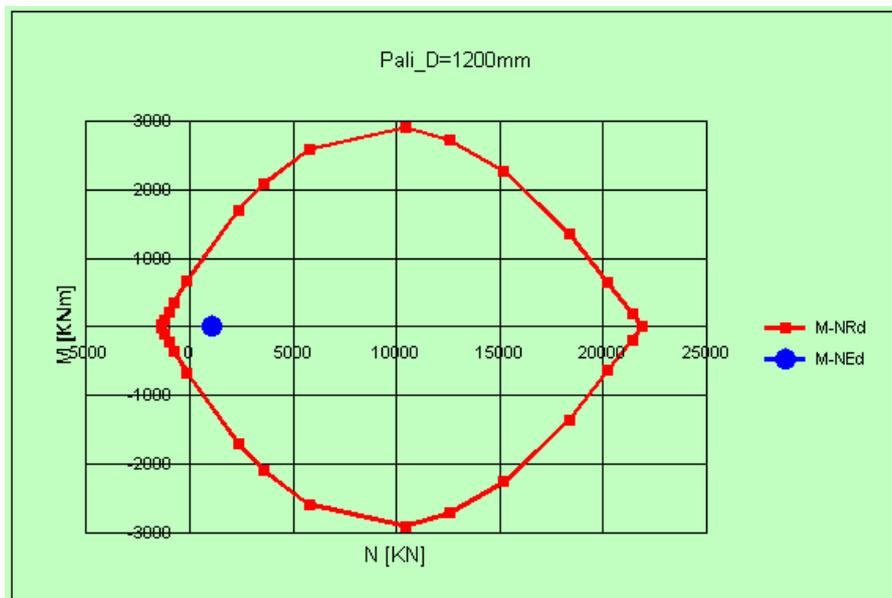


Figura 6: Domino do resistenza

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 54 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### 7.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

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

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

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

$D$ : diametro della sezione

$d$ : altezza utile della sezione

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

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

$s$ : interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

La verifica è condotta nel palo più sollecitato tra tutte le pile della carreggiata SX. Nel seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato:

#### Sollecitazioni

$V_{Sd}$  = **93** kN taglio di calcolo

$N_{Sd}$  = **1609** kN sforzo normale i calcolo

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$R_{ck}$  = 40 MPa resistenza caratteristica cubica

$f_{ck}$  = 33.2 MPa resistenza caratteristica cilindrica

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

$\gamma_c$  = 1.5 coefficiente parziale di sicurezza

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

##### Acciaio

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

$\gamma_s$  = 1.15 coefficiente parziale di sicurezza

$f_{yd}$  = 391.30 MPa tensione di snervamento di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 55 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### Geometria

D	=	1800	mm	diametro palo
c	=	50	mm	copriferro
d	=	1750	mm	altezza utile
b <sub>we</sub>	=	1620	mm	base equivalente
d <sub>e</sub>	=	1354	mm	altezza utile equivalente

### Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

n <sub>l</sub>	=	<b>14</b>		numero ferri longitudinali
Ø <sub>l</sub>	=	<b>18</b>	mm	diametro ferri longitudinali
A <sub>sl</sub>	=	3563	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
A <sub>c</sub>	=	2544690.05	mm <sup>2</sup>	area sezione cls
k	=	1.38		
σ <sub>cp</sub>	=	0.6323	MPa	tensione media calcestruzzo ≤0,2f <sub>cd</sub>
ρ <sub>l</sub>	=	0.00162	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale ≤0,02
V <sub>min</sub>	=	0.328		
<b>V<sub>rd</sub></b>	=	<b>928.53</b>	kN	taglio resistente
V <sub>Sd</sub>	=	93	kN	taglio di calcolo
<b>FS</b>		9.98	ok	se >1 verifica soddisfatta

### 7.1.3 S.L.E. – Fessurazione

Si procede alla verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione σ<sub>s</sub> 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 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 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
<b>Nmax</b>	2366	13	31	<b>Nmax</b>	1905	12	28
<b>Nmin</b>	1179	7	17	<b>Nmin</b>	1612	5	12
<b>Vmax</b>	1335	13	31	<b>Vmax</b>	1816	12	28

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 56 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

**Tabella 2: Tensioni di riferimento**

		<b>comb. FREQUENTE</b>	<b>comb. 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	-

**Frequente**

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

**Quasi Permanente**

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

Nel seguito si riporta l'output del programma per la combinazione Frequente comb N<sub>min</sub>.  
Come si evince la sezione del palo non presenta sollecitazioni di trazione.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 57 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

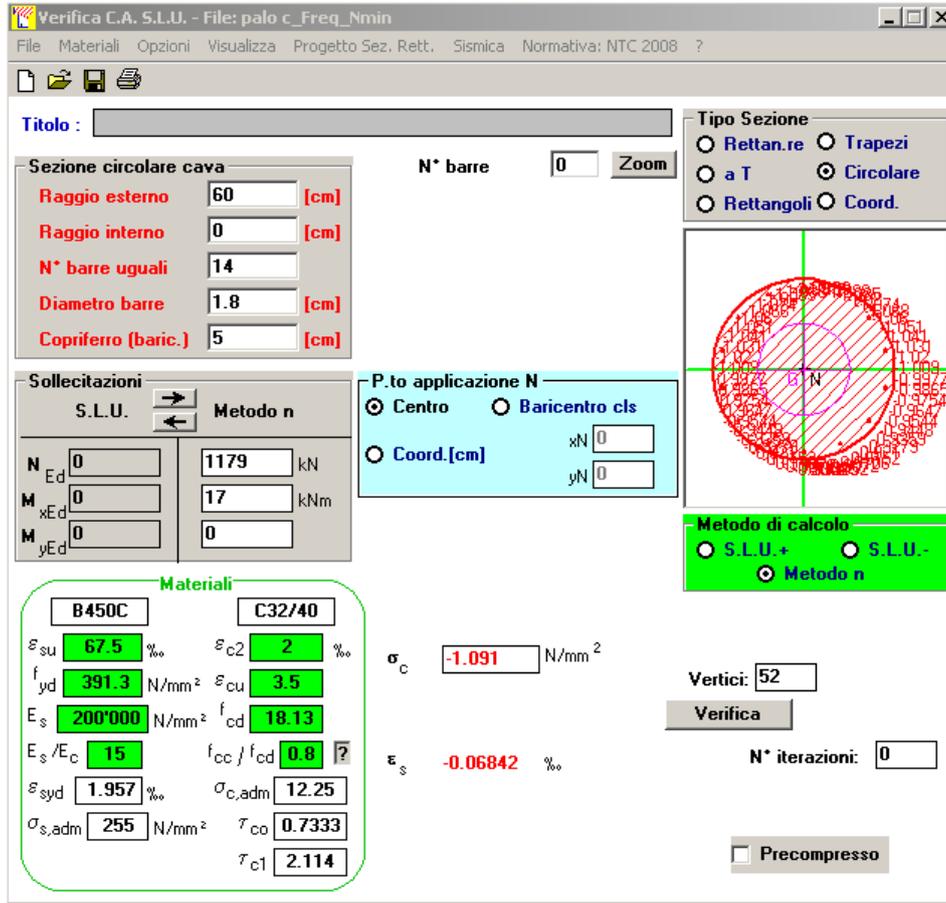


Figura 7: Stato tensionale per la comb. Frequente  $N_{min}$

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

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

	SLE Caratteristica			SLE Quasi Permanente		
	N	V	M	N	V	M
<b>Comb</b>	kN	kN	kNm	<b>Comb</b>	kN	kNm
<b>Nmax</b>	2400	17	40	<b>Nmax</b>	1905	28
<b>Nmin</b>	1140	13	31	<b>Nmin</b>	1612	12
<b>Vmax</b>	1303	17	40	<b>Vmax</b>	1816	28

#### Materiali

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 58 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

<b>Comb_Nmax</b>	<b>Comb_Mmax</b>
<b>Rara</b>	<b>Rara</b>

**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>2.25</b>	<b>1.32</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		8.85	15.07		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

<b>Comb_Nmax</b>	<b>Comb_Mmax</b>
<b>Quasi perm.</b>	<b>Quasi perm.</b>

**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>1.77</b>	<b>1.69</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		8.46	8.84		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

<b>comb_Nmin</b>	<b>comb_Mmax</b>
<b>RARA</b>	<b>RARA</b>

**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		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 59 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

## 7.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>19.6</b>	<b>19.8</b>	<b>19.3</b>	<b>19.8</b>
peso saturo $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>19.6</b>	<b>19.8</b>	<b>19.3</b>	<b>19.8</b>
coesione non dren. $c_u$ (kPa)	<b>129</b>	<b>199</b>	<b>199<sup>1</sup></b>	<b>250<sup>2</sup></b>
coesione dren. $c'$ (kPa)	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>5</b>
angolo attrito $\phi'$ (°)	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>23</b>

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

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

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

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

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

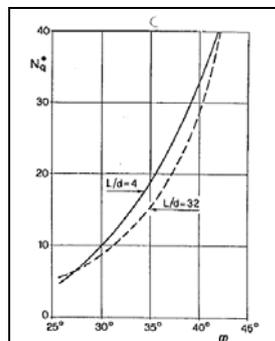
Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al

<sup>1</sup> In mancanza di dati si è assunto il valore della  $c_u$  dello strato argilloso superiore.

<sup>2</sup> Con riferimento alle raccomandazioni AGI per pali trivellati in terreni coesivi, la coesione non drenata  $c_u$  è stata limitata superiormente a 250 kPa affinché l'adesione  $s_{lim,u} \leq 100$  kPa.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 60 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

25% del diametro del palo) considerando  $N_q$  i valori desunti dal grafico riportato in figura. Riguardo  $N_c$ , si è assunto in condizioni non drenate  $N_c = 9$  e in condizioni drenate  $N_c$  è stato determinato con la relazione:



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

In tabella si riportano ora i 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

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 la falda contenuta tra -3+-5m (tetto falda) e -10m (letto falda) al di sotto del p.c., ossia il letto della falda coincidente con il tetto dell'unità geotecnica TRV2a. Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto ogni opera.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 1 - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	3	0	3
2° strato	TRV1	4	3	7
3° strato	TRV2a	11	7	18
4° 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	3	0	3
2° strato	TRV1	4	3	7
3° strato	TRV2a	11	7	18
4° strato	TRV2b	27	18	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 3 - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	3	0	3
2° strato	TRV1	4	3	7
3° strato	TRV2a	11	7	18
4° strato	TRV2b	27	18	45

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 61 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

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

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

il coefficiente  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema. I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj}$ , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo;

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato direttamente come  $E_d = E_k \gamma_E$  con  $\gamma_E = \gamma_F$ :

$$E_d = \gamma_E E \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

La verifica della relazione  $R_d \geq E_d$  è stata effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali (cfr tabelle sotto), rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{G3}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

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

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 62 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

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

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

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

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

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite	
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
Pila1	3469	2073	1.2	<b>8</b>	<b>24</b>	196.35	5077.9	4987.6
Pila2	3167	1895	1.2	<b>8</b>	<b>24</b>	196.35	5308.4	4997.6
Pila3	3458	2066	1.2	<b>8</b>	<b>24</b>	196.35	4962.6	4982.6

Tabella 3: Carreggiata sinistra – Riepilogo risultati

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

### 7.2.2.1 Criteri di calcolo del carico limite orizzontale

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

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

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

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

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

### 7.2.2.2 Criteri di verifica

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 63 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

### 7.2.2.3 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
$c_u$	=	160	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	40065	kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	536865	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	15017	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7	m	
$M_{max}$	=	90823.4	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	1366	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1366.4	kN	carico limite (valore medio)
$\xi$	=	1.5		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	910.9	kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	700.7	kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$		92	kN	azione trasversale testa palo
check		7.59		se >1 verifica soddisfatta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 64 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

## 8 DISPOSITIVI ANTISISMICI

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

V	<b>10980</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	<b>21220</b>	kN	massimo carico verticale allo S.L.U. in esercizio
K <sub>e</sub>	<b>3.03</b>	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	<b>2814</b>	kN/mm	rigidezza verticale
d	<b>0.300</b>	m	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>g</sub>	<b>0.900</b>	m	diametro dell'elastomero
W	<b>1049</b>	kg	peso dell'isolatore

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

Azioni trasmesse dall'impalcato								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	pila
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
P1-D	G1+G2	0	0	3795	0	0	0	
P1-D	E2	9	0	316	0	0	0	
P1-D	E3	8	0	76	0	0	0	
P1-D	Q1	0	1	1617	0	0	0	
P1-D	Q5	0	68	24	0	0	0	
P1-D	Q7	38	0	0	0	0	0	
P1-S	G1+G2	0	0	3876	0	0	0	P01
P1-S	E2	9	0	315	0	0	0	
P1-S	E3	8	0	77	0	0	0	
P1-S	Q1	0	2	1877	0	0	0	
P1-S	Q5	0	68	-24	0	0	0	
P1-S	Q7	39	0	0	0	0	0	
P2-D	G1+G2	0	0	3306	0	0	0	
P2-D	E2	0	0	-138	0	0	0	
P2-D	E3	0	0	67	0	0	0	
P2-D	Q1	0	1	1634	0	0	0	
P2-D	Q5	0	69	25	0	0	0	
P2-D	Q7	33	0	0	0	0	0	P02
P2-S	G1+G2	0	0	3386	0	0	0	
P2-S	E2	0	0	-140	0	0	0	
P2-S	E3	0	0	68	0	0	0	
P2-S	Q1	0	3	1804	0	0	0	
P2-S	Q5	0	0	0	0	0	0	
P2-S	Q7	34	0	0	0	0	0	
P3-D	G1+G2	124	64	2888	0	0	0	
P3-D	E2	0	0	540	0	0	0	
P3-D	E3	9	0	316	0	0	0	
P3-D	Q1	32	0	-113	0	0	0	
P3-D	Q5	0	0	0	0	0	0	
P3-D	Q7	29	0	0	0	0	0	
P3-S	G1+G2	125	63	2957	0	0	0	P03
P3-S	E2	0	0	550	0	0	0	
P3-S	E3	9	0	316	0	0	0	
P3-S	Q1	32	0	-115	0	0	0	
P3-S	Q5	0	0	0	0	0	0	
P3-S	Q7	30	0	0	0	0	0	

Azione sismica (S.L.C. - max Fz)								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	pila
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
P1-D	Q6	125	63	345	0	0	0	P01
P1-S	Q6	125	63	350	0	0	0	
P2-D	Q6	124	64	336	0	0	0	P02
P2-S	Q6	124	213	106	0	0	0	
P3-D	Q6	125	209	106	0	0	0	P03
P3-S	Q6	125	209	108	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>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 65 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

Azioni totali sugli appoggi (Combinazione sismica - max Fz)								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	pila
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
P1-D	S.L.C.	160	63	4493	0	0	0	P01
P1-S	S.L.C.	161	63	4580	0	0	0	
P2-D	S.L.C.	144	64	3537	0	0	0	P02
P2-S	S.L.C.	145	213	3386	0	0	0	
P3-D	S.L.C.	271	273	3693	0	0	0	P03
P3-S	S.L.C.	271	272	3772	0	0	0	
				<b>4580</b>				

Azioni totali sugli appoggi (Combinazione fondamentale)								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	pila
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
P1-D	S.L.U.	51	62	7761	0	0	0	P01
P1-S	S.L.U.	52	64	8179	0	0	0	
P2-D	S.L.U.	30	63	6574	0	0	0	P02
P2-S	S.L.U.	31	4	6887	0	0	0	
P3-D	S.L.U.	243	86	4623	0	0	0	P01
P3-S	S.L.U.	244	85	4723	0	0	0	
				<b>8179</b>				

Come si può vedere dalle tabelle precedenti i massimi carichi verticali agenti nelle due combinazioni risultano compatibili con il massimo carico che può sopportare il dispositivo in fase di sisma ed allo S.L.U. Gli spostamenti orizzontali subiti dall'isolatore, dovuti a quei singoli casi di carico che determinano spostamenti sul piano X-Y, sono stati valutati come rapporto tra la reazione prodotta dal caso di carico analizzato nella direzione X o Y e la rigidezza orizzontale equivalente dell'isolatore. Gli spostamenti nelle due direzioni sono stati infine combinati vettorialmente per le due combinazioni da verificare.

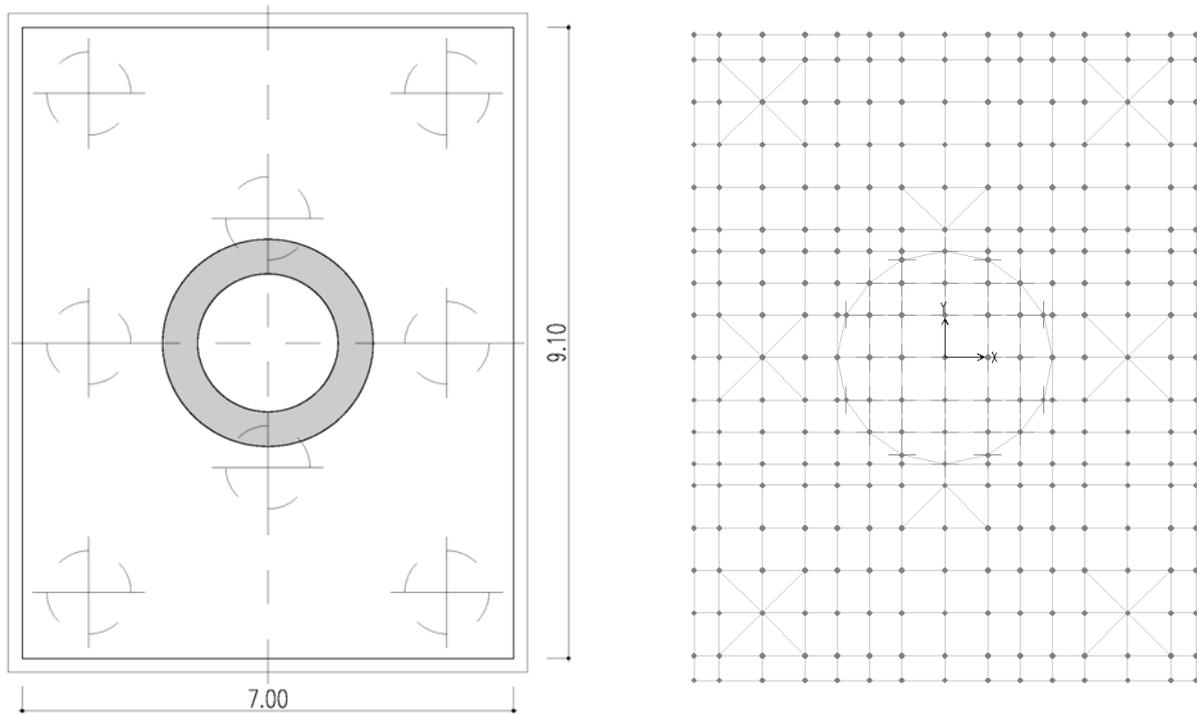
S.L.C.								
	P1-D	P1-S	P2-D	P2-S	P3-D	P3-S		
d <sub>Q6,x</sub>	0.137	0.137	0.137	0.000	0.000	0.000	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
d <sub>Q6,y</sub>	0.069	0.069	0.070	0.021	0.021	0.021	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
d <sub>E2,x</sub>	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d <sub>E3,x</sub>	0.010	0.010	0.000	0.000	0.003	0.003	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d <sub>E,tot</sub>	0.161	0.161	0.154	0.021	0.021	0.021	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato
S.L.U.								
	P1-D	P1-S	P2-D	P2-S	P3-D	P3-S		
d <sub>E2,x</sub>	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d <sub>E3,x</sub>	0.010	0.010	0.000	0.000	0.003	0.003	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d <sub>Q1,y</sub>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
d <sub>Q5,y</sub>	0.022	0.022	0.023	0.000	0.000	0.000	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al vento
d <sub>E,tot</sub>	0.024	0.024	0.022	0.002	0.002	0.002	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 161 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 66 di 67
	Nome file: V113-C-CL004-C00_relazione_calcolo_pile_sx.doc

## 9 ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

Il plinto presenta pianta rettangolare di lati 7.00 x 9.10 m ed altezza pari a 2,50 m. Esso è fondato su n. 8 pali Ø1200 mm posti ad interasse di 3.60 m.



**Figura 8: Plinto di Fondazione carreggiata SX**

Per le verifiche dei plinti della carreggiata sinistra si estendono i risultati delle verifiche eseguite sui i plinti della carreggiata destra in quanto soggetti alle azioni più sfavorevoli.