

# ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

## PA 12/09

### CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

### ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

### S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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

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

## PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



## OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

### Viadotto Busita III

### Relazione di calcolo Pile - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 5 1 V I 2 0 8 V I 0 8 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>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 1 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>3</b>
1.1	INTRODUZIONE	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	3
1.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
1.3.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	6
1.3.2	<i>Calcestruzzo</i>	6
1.3.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	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>	11
2.2.3	<i>Effetti del ritiro (<math>\varepsilon_2</math>)</i>	11
2.2.4	<i>Effetti della temperatura (<math>\varepsilon_3</math>)</i>	12
2.2.5	<i>Carichi mobili (q1)</i>	12
2.2.6	<i>Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)</i>	13
2.2.7	<i>Azione di frenatura/accelerazione (q3)</i>	13
2.2.8	<i>Forza centrifuga (q4)</i>	14
2.2.9	<i>Azione di neve, vento (q5)</i>	14
2.2.10	<i>Azione sismica (q6)</i>	15
2.2.11	<i>Resistenza parassita dei vincoli (q7)</i>	18
2.3	RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO	19
<b>3</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>	<b>20</b>
3.1	SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	20
3.1.1	<i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i>	20
3.1.2	<i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i>	22
3.1.3	<i>Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata</i>	25
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO	25
3.3	SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	26
3.3.1	<i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i>	26
3.3.2	<i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i>	30
3.3.3	<i>Sollecitazioni sulla palificata</i>	35
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE</b>	<b>51</b>
4.1	S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE	51
4.2	S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO	53
4.3	S.L.E. – FESSURAZIONE	55
4.4	S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI	57
<b>5</b>	<b>EFFETTI DEL SECONDO ORDINE</b>	<b>58</b>
5.1	METODO DELLA CURVATURA NOMINALE	58
5.1.1	<i>Valutazione della snellezza</i>	58
5.1.2	<i>Viscosità</i>	59
5.1.3	<i>Momenti flettenti</i>	59
5.1.4	<i>Curvatura</i>	60
5.1.5	<i>Flessione deviata</i>	61
5.2	VERIFICA ALL'INSTABILITÀ	62
5.2.1	<i>Verifica di resistenza per l'instabilità. Momenti di calcolo al secondo ordine</i>	62

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 2 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>6</b>	<b>VERIFICA DEL PULVINO .....</b>	<b>74</b>
6.1	VERIFICA BAGGIOLI .....	76
<b>7</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI .....</b>	<b>78</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>83</b>
8.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	83
8.1.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	84
8.1.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	85
8.1.3	S.L.E. – Fessurazione.....	87
8.1.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni.....	88
<b>9</b>	<b>ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>90</b>
9.1	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	91
9.2	SOLLECITAZIONI .....	99
9.3	VERIFICA DELLA SEZIONE DEL PLINTO .....	102
9.3.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	102
9.3.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	102
9.3.3	S.L.E. – Fessurazione.....	104
9.3.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni.....	108
<b>10</b>	<b>VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI.....</b>	<b>112</b>
10.1	CARICO LIMITE VERTICALE .....	112
10.1.1	Criteri di calcolo del carico limite verticale .....	112
10.1.2	Criteri di verifiche .....	114
10.1.3	Risultati .....	116
10.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	116
10.2.1	Criteri di calcolo del carico limite orizzontale .....	116
10.2.2	Criteri di verifica .....	117
10.2.3	Risultati carreggiata sinistra.....	117

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 3 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle pile della carreggiata sinistra del viadotto Busita III, 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 pressoché rettilineo con raggio di curvatura maggiore di 2000 m. La carreggiata in esame è composta da 6 campate le cui luci sono riportate in tabella.

**Tabella 1: Campate carreggiata Sinistra**

Carreggiata SX	
Numero campata	L [m]
1	35.00
2	45.00
3	61.00
4	61.00
5	61.00
6	45.00

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

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da una coppia di travi a "doppia T" in composizione saldata. I traversi sono ad anima piena con sezione trasversale a doppia "T".

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

L'interasse delle travi è pari a 5,75 m per le prime 5 campate (dalla SPA alla pila P04), mentre per l'ultima campata, la sesta, varia da 5,75 m a 8,00 m in corrispondenza della spalla SPB; tali travi hanno un'altezza di 2.8 m; lo sviluppo longitudinale è suddiviso in conci collegati mediante giunzioni saldate a completo ripristino.

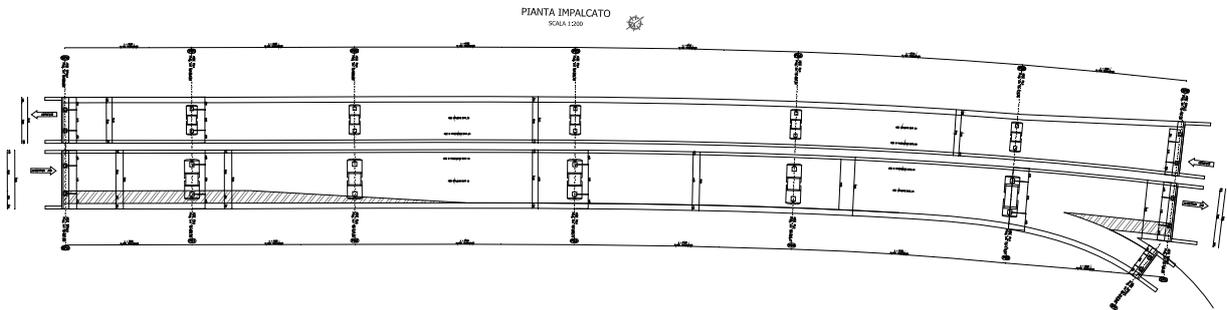
La soletta in calcestruzzo presenta larghezza complessiva di 12.75 m per le prime 5 campate. Essa, si presenta con spessore variabile, pari a 370 mm in asse travi e 270 mm in asse impalcato.

La soletta dell'ultima campata presenta, invece, una larghezza che varia da 12.75m a 15,00 m e con spessore variabile pari a 410 in asse travi e 310 in asse impalcato.

Il getto delle solette sarà effettuato mediante casseri autoportanti. La connessione soletta - travi è realizzata mediante pioli elettrosaldati tipo Nelson.

La larghezza del piano viabile è di 10.50 m, ai cui lati sono posti due cordoli di larghezza pari a 1.50 m e 0.75 m

La figura seguente riporta la pianta impalcato del viadotto.



**Figura 1: Pianta impalcato**

Le pile sono realizzate in c.a. e presentano una sagoma cruciforme costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo le cui dimensioni variano in funzione della tipologia:

Tipo A: 3,00 m x 4,00 m altezza pilvino 5,86 m e interasse travi 5,75 m

Tipo B: 3,00 mx 5,25 m altezza pulvino 6,06 m e interasse travi 8,75 m

Tipp C: 3,00m x 5,25 m altezza pulvino 6,06 e interasse travi 8,25 m

**CARREGGIATA SX**

PILA	TIPO	H <sub>fusto</sub> [m]	H <sub>pulvino</sub> [m]	H [m]
P01	A	3.60	5.86	9.46
P02	A	9.60	5.86	15.46
P03	A	9.60	5.86	15.46
P04	A	9.60	5.86	15.46
P05	A	10.80	5.86	16.66

**CARREGGIATA DX**

PILA	TIPO	H <sub>fusto</sub> [m]	H <sub>pulvino</sub> [m]	H [m]
P01	C	2.40	6.06	8.46
P02	C	7.20	6.06	13.26
P03	C	7.20	6.06	13.26
P04	C	8.40	6.06	14.46
P05	B	8.40	6.06	14.46

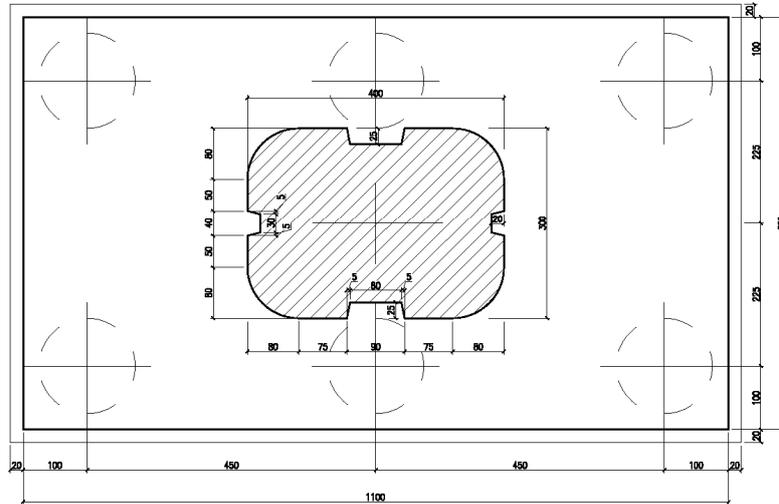
Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro. In particolare la palificata è costituita da 6 pali di diametro Ø1500 mm, posti ad interasse di 4.50 m. I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50m a pianta rettangolare di dimensioni 6.5 m x 11.00 m.

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

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

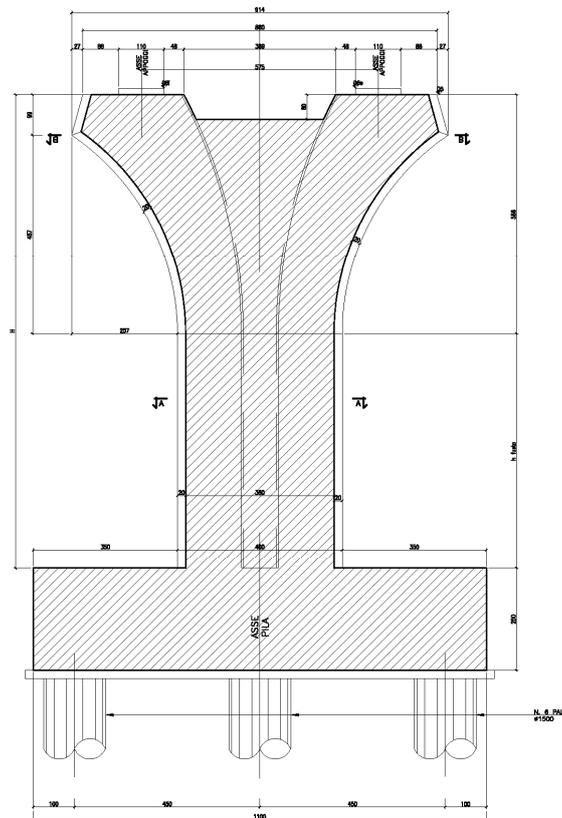
Nelle seguenti figure si illustra la geometria delle pile della carreggiata sinistra attraverso la pianta spiccato e una sezione trasversale.

**SEZIONE A-A**  
 SCALA 1:50



**Figura 2: Fondazione pile Tipo A**

**SEZIONE TRASVERSALE**  
 SCALA 1:50



**Figura 3: Sezione trasversale pila Tipo A**

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 6 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 1.3.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

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

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

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

#### 1.3.2 Calcestruzzo

##### Calcestruzzo PALI C25/30

$R_{ck}$	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\gamma_c$	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd}$	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctm}$	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk}$	=	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$c$	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
$f_{ctd}$	=	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
$f_{cfm}$	=	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XC2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

##### Calcestruzzo ZATTERE C25/30

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 7 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$\sigma_t$	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XC2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza
<b>Calcestruzzo ELEVAZIONE C28/35</b>				
$R_{ck}$	=	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\gamma_c$	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd}$	=	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctm}$	=	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk}$	=	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
$f_{ctd}$	=	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
$f_{cfm}$	=	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	32588	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza
<b>Calcestruzzo BAGGIOLI C35/45</b>				
$R_{ck}$	=	45	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	45.35	MPa	resistenza cilindrica media
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\gamma_c$	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd}$	=	21.17	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctm}$	=	3.35	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk}$	=	2.35	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
$f_{ctd}$	=	1.56	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
$f_{cfm}$	=	2.82	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.79	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	34625	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF4	f2			classe di esposizione
S4				classe di consistenza

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

#### ACCIAIO PER C.A. B450C

$f_{y,nom}$	=	450	MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	540	MPa	tensione nominale di rottura
$f_{yk}$	≥	$f_{y,nom}$		tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk}$	≥	$f_{t,nom}$		tensione caratteristica di rottura

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 8 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

## 1.4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 9 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## 2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

### 2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

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

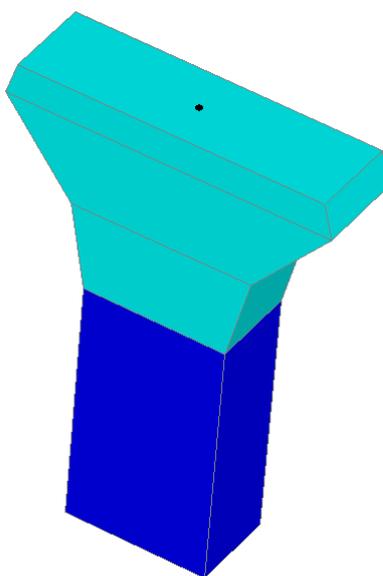


Figura 4: Modello agli elementi finiti della Pila

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 10 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

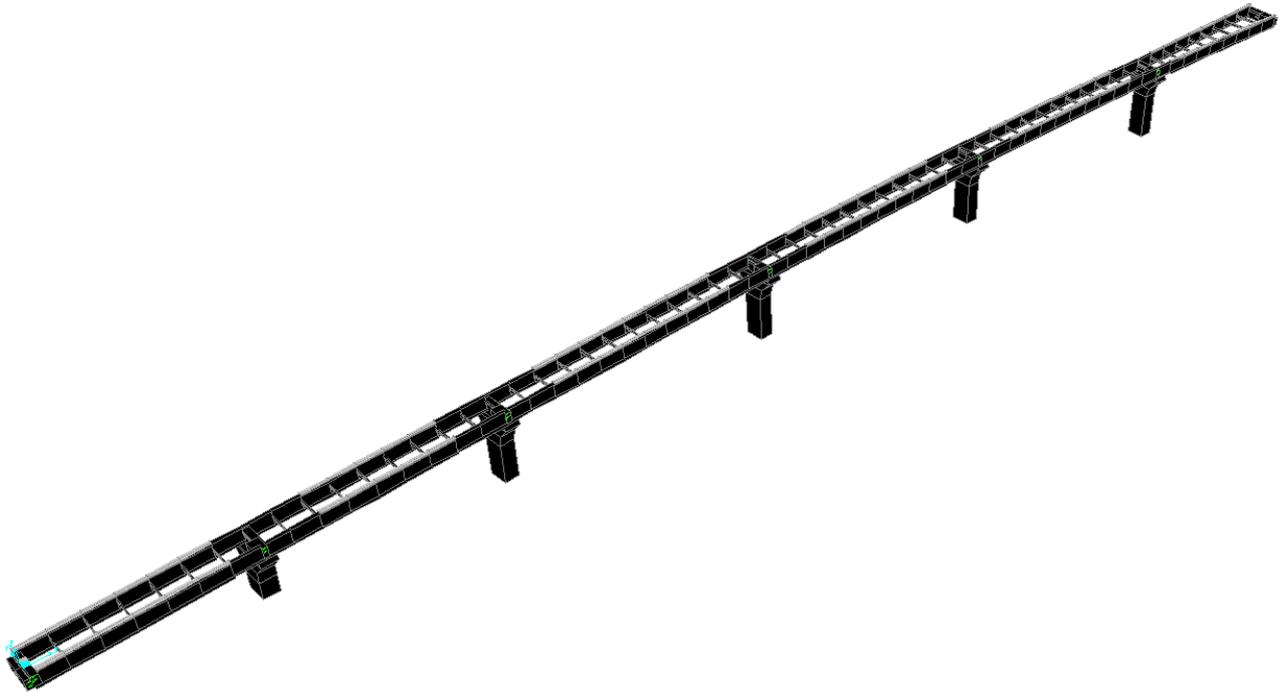


Figura 5: Modello numerico carreggiata SX

### 2.1.1 Calcolo della rigidezza effettiva delle pile

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

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

dove:

$M_{\text{Rd}}$  = momento resistente di progetto (relativo allo sforzo normale prodotto dai soli carichi permanenti)

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

$v$  = fattore di correzione per la parte di pila non fessurata (~1.20).

## 2.2 ANALISI DEI CARICHI

### 2.2.1 Peso Proprio ( $g_1$ )

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

$g_{1.1}$	=	2 kPa	incidenza carpenteria metallica
B	=	12.75 m	larghezza impalcato
n	=	2	numero travi
$g_{1.1}$	=	12.75 kN/m	peso carpenteria metallica su ciascuna trave

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 11 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

#### Peso proprio della soletta e cordoli ( $g_{1,2}$ )

A	=	3.97 mq	area sezione trasversale soletta
$\gamma$	=	25 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
n	=	2.00	numero travi
$g_{soletta}$	=	49.63 kN/m	peso soletta su ciascuna trave (cordoli esclusi)
$g_{c,sx}$	=	3.19 kN/m	peso cordolo sx
$g_{c,dx}$	=	6.38 kN/m	peso cordolo dx
$g_{1,2,sx}$	=	52.81 kN/m	peso soletta + cordolo su trave sx
$g_{1,2,dx}$	=	56.00 kN/m	peso soletta + cordolo su trave dx

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

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

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

##### Permanenti portati ( $g_2$ )

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 12 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### Ritiro ( $e_2$ )

$\varepsilon_{sh}$	=	0.000337	deformazione da ritiro
$E^*_c$	=	13033 MPa	modulo elastico ridotto calcestruzzo per fenomeni viscosi
$\sigma_{sh}$	=	4.39 MPa	trazione nel calcestruzzo
$A_c$	=	3.97 m <sup>2</sup>	area conglomerato
$N_{sh}$	=	17437 kN	trazione nella soletta
$e$	=	0.98 m	eccentricità rispetto a baricentro sezione composta
$M_{sh}$	=	17015 kNm	momento flettente
$n$	=	2	numero travi
$N_{rt}$	=	8718 kN	compressione su ciascuna trave
$M_{rt}$	=	8508 kNm	momento flettente su ciascuna trave
$A_{id}$	=	0.49 m <sup>2</sup>	area sezione SAP2000
$J_{id}$	=	0.38 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione SAP2000
$\varepsilon_{SAP}$	=	-8.469E-05	epsilon da assegnare alle travi sap
$\chi_{SAP}$	=	-1.066E-04	chi da assegnare alle travi sap

### 2.2.4 Effetti della temperatura ( $\varepsilon_3$ )

Ai fini della valutazione degli effetti iperstatici delle variazioni termiche sulle sottostrutture, in accordo con quanto previsto dalle norme EN 1991-1-5 sono stati assunti due gradienti termici tra soletta e travi metalliche pari a  $\Delta T_{M1} = +15$  °C/m (estradosso più caldo dell'intradosso) e  $\Delta T_{M2} = -18$  °C/m (estradosso più freddo dell'intradosso). Inoltre deve essere considerata anche la componente uniforme del carico termico, per i cui valori l'Eurocodice rimanda agli allegati nazionali, dai cui si desume:  $\Delta T_{N1} = -26$  °C e  $\Delta T_{N2} = +34$  °C.

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

### 2.2.5 Carichi mobili ( $q_1$ )

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

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

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

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

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

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

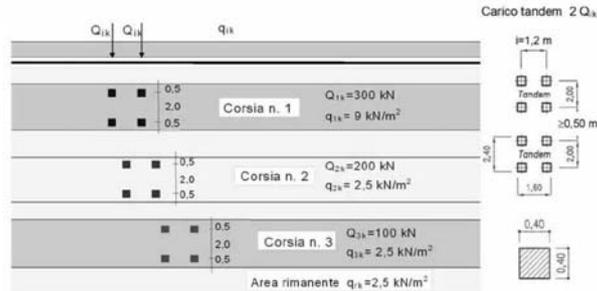
#### Corsia di carico n. 3 costituita da:

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 13 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

#### Frenatura (q3)

$w_1$	=	3.00 m	larghezza corsie convenzionali
$Q_{1k}$	=	300 kN	singolo asse Q1k
$q_{1k}$	=	9 kPa	carico uniformemente distribuito
$L$	=	308 m	lunghezza del viadotto
$Q_3$	=	900 kN	forza di frenatura (accelerazione) sull'intero viadotto
$q_{3l}$	=	2.92 kN/m	azione di frenatura per unità di lunghezza

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 14 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 2.2.8 Forza centrifuga (q4)

Il raggio di curvatura risulta maggiore di 1500 m e pertanto si trascurano gli effetti della forza centrifuga.

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

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

#### Azione del vento (q5)

zona	=	4	sicilia
$v_{b,0}$	=	28 m/s	Tabella 3.3.I
$a_0$	=	500 m	Tabella 3.3.I
$k_a$	=	0.02 1/s	Tabella 3.3.I
$a_s$	=	500 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
$C_t$	=	1.2	coefficiente di topografia
	=	II	categoria di esposizione del sito
$k_r$	=	0.19	Tabella 3.3.II
$Z_0$	=	0.05 m	Tabella 3.3.II
$Z_{min}$	=	4.00 m	Tabella 3.3.II
$Z$	=	20.00 m	altezza sul suolo
$C_e$	=	3.68	coefficiente di esposizione
$C_p$	=	1	coefficiente di forma
$C_d$	=	1	coefficiente dinamico
$p$	=	1.8 kN/m <sup>2</sup>	pressione del vento
$H_{vc}$	=	3.00 m	altezza veicolo convenzionale
$H_{imp}$	=	3.27 m	altezza impalcato
$H_{vento}$	=	6.27 m	altezza superficie di spinta
$F_{vento}$	=	11.32 kN/m	azione del vento su impalcato
$Y_G$	=	2.44 m	distanza da intradosso baricentro impalcato
$e$	=	0.69 m	eccentricità dell'azione del vento
$M_{vento}$	=	7.85 kNm/m	coppia torcente
$d_b$	=	5.75 m	interasse travi
$q_{5v}$	=	1.36 kN/m	azione verticale su travi di bordo
$q_{5h}$	=	5.66 kN/m	azione orizzontale su ciascuna trave
	=		
<b>Vento su pile</b>			
B	=	3 m	larghezza pila
$q_{5,pile}$	=	5.41 kN/m	azione del vento trasversale su pile

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 15 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

### 2.2.10 Azione sismica (q6)

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

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

Coordinate Piane Gauss Boaga Roma 40		
	Spalla 1	Spalla 2
<b>Longitudine</b>	2436383.8718	2436599.8092
<b>Latitudine</b>	4152933.2913	4153205.5698
<b>Fuso</b>	E	E
Coordinate Geografiche WGS84 GD		
	Spalla 1	Spalla 2
<b>Longitudine</b>	14.0537031	14.0561155
<b>Latitudine</b>	37.5194749	37.5219483
<b>Fuso</b>	E	E

<b>Vita nominale</b>	Vn	50
<b>Classe d'uso</b>		IV
<b>Coefficiente d'uso</b>	Cu	2
<b>Periodo di riferimento per l'azione sismica</b>	Vr	100
<b>Categoria topografica</b>		T1
<b>Profondità piano di posa fondazione</b>	- 3 mt dal p.c.	

Parametri sismici Spalla 1				
SLO				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
60	0.037	2.52	0.276	
SLD				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
101	0.045	2.501	0.315	
SLV				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
949	0.093	2.652	0.467	
SLC				
TR	ag(g)	F0	Tc*	
1950	0.113	2.733	0.519	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 16 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

Parametri sismici Spalla 2			
SLO			
TR	ag(g)	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> *
60	0.038	2.52	0.277
SLD			
TR	ag(g)	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> *
101	0.046	2.496	0.316
SLV			
TR	ag(g)	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> *
949	0.095	2.645	0.478
SLC			
TR	ag(g)	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> *
1950	0.116	2.725	0.526

### INDAGINI DI RIFERIMENTO

RR13	Coordinate Piane Gauss Boaga Roma 40		
Longitudine	2436352.9700		
Latitudine	4152867.6400		
Fuso	E		
	Coordinate Geografiche WGS84 GD		
Longitudine	14.0533333		
Latitudine	37.5188888		
Fuso	E		

Vs30 (m/sec)	Categoria di suolo
382.90	B

### Punti dello spettro di risposta allo SLV

Orizzontale		Verticale	
T	S <sub>e</sub> (T)/g	T	S <sub>ev</sub> (T)/g
0.000	0.111	0.000	0.038
0.200	0.239	0.050	0.100
0.601	0.239	0.150	0.100
0.666	0.216	0.235	0.064
0.732	0.197	0.320	0.047
0.797	0.180	0.405	0.037
0.862	0.167	0.490	0.031
0.927	0.155	0.575	0.026
0.992	0.145	0.660	0.023
1.057	0.136	0.745	0.020
1.122	0.128	0.830	0.018
1.187	0.121	0.915	0.016
1.252	0.115	1.000	0.015
1.318	0.109	1.094	0.013
1.383	0.104	1.188	0.011
1.448	0.099	1.281	0.009
1.513	0.095	1.375	0.008

1.578	0.091
1.643	0.088
1.708	0.084
1.773	0.081
1.838	0.078
1.904	0.076
1.969	0.073
2.065	0.066
2.162	0.061
2.259	0.055
2.356	0.051
2.452	0.047
2.549	0.044
2.646	0.040
2.743	0.038
2.839	0.035
2.936	0.033
3.033	0.031
3.129	0.029
3.226	0.027
3.323	0.026
3.420	0.024
3.516	0.023
3.613	0.022
3.710	0.021
3.807	0.020
3.903	0.019
4.000	0.018

1.469	0.007
1.563	0.006
1.656	0.005
1.750	0.005
1.844	0.004
1.938	0.004
2.031	0.004
2.125	0.003
2.219	0.003
2.313	0.003
2.406	0.003
2.500	0.002
2.594	0.002
2.688	0.002
2.781	0.002
2.875	0.002
2.969	0.002
3.063	0.002
3.156	0.002
3.250	0.001
3.344	0.001
3.438	0.001
3.531	0.001
3.625	0.001
3.719	0.001
3.813	0.001
3.906	0.001
4.000	0.001

**Punti dello spettro di risposta allo SLC**

**Orizzontale**

T	$S_e(T)/g$
0.000	0.135
0.218	0.300
0.653	0.300
0.720	0.272
0.786	0.249
0.853	0.230
0.919	0.213
0.985	0.199
1.052	0.186
1.118	0.175
1.185	0.165
1.251	0.157
1.318	0.149
1.384	0.141
1.451	0.135
1.517	0.129
1.583	0.124

**Verticale**

T	$S_{ev}(T)/g$
0.000	0.051
0.050	0.138
0.150	0.138
0.235	0.088
0.320	0.065
0.405	0.051
0.490	0.042
0.575	0.036
0.660	0.031
0.745	0.028
0.830	0.025
0.915	0.023
1.000	0.021
1.094	0.017
1.188	0.015
1.281	0.013
1.375	0.011

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 18 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

1.650	0.119	1.469	0.010
1.716	0.114	1.563	0.008
1.783	0.110	1.656	0.008
1.849	0.106	1.750	0.007
1.916	0.102	1.844	0.006
1.982	0.099	1.938	0.006
2.048	0.096	2.031	0.005
2.141	0.087	2.125	0.005
2.234	0.080	2.219	0.004
2.327	0.074	2.313	0.004
2.420	0.068	2.406	0.004
2.513	0.064	2.500	0.003
2.606	0.059	2.594	0.003
2.699	0.055	2.688	0.003
2.792	0.051	2.781	0.003
2.885	0.048	2.875	0.003
2.978	0.045	2.969	0.002
3.071	0.043	3.063	0.002
3.164	0.040	3.156	0.002
3.257	0.038	3.250	0.002
3.349	0.036	3.344	0.002
3.442	0.034	3.438	0.002
3.535	0.032	3.531	0.002
3.628	0.030	3.625	0.002
3.721	0.029	3.719	0.002
3.814	0.028	3.813	0.001
3.907	0.026	3.906	0.001
4.000	0.025	4.000	0.001

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

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

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

### 2.2.11 Resistenza parassita dei vincoli (q7)

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 19 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## 2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

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

Tabella 2: Periodi di vibrazione della struttura

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
modale	Mode	1	1.99134	0.50217	3.1553	9.9556
modale	Mode	2	1.754221	0.57005	3.5818	12.829
modale	Mode	3	1.61722	0.61834	3.8852	15.095
modale	Mode	4	1.273446	0.78527	4.934	24.344
modale	Mode	5	0.985702	1.0145	6.3743	40.632
modale	Mode	6	0.768021	1.302	8.181	66.929
modale	Mode	7	0.718901	1.391	8.74	76.387
modale	Mode	8	0.711912	1.4047	8.8258	77.895
modale	Mode	9	0.628872	1.5901	9.9912	99.824
modale	Mode	10	0.600561	1.6651	10.462	109.46
modale	Mode	11	0.526831	1.8981	11.926	142.24
modale	Mode	12	0.516308	1.9368	12.169	148.1
modale	Mode	13	0.502573	1.9898	12.502	156.3
modale	Mode	14	0.405948	2.4634	15.478	239.56
modale	Mode	15	0.392887	2.5453	15.992	255.76
modale	Mode	16	0.381112	2.6239	16.486	271.8
modale	Mode	17	0.359344	2.7828	17.485	305.73
modale	Mode	18	0.355436	2.8134	17.677	312.49
modale	Mode	19	0.353441	2.8293	17.777	316.03
modale	Mode	20	0.313641	3.1884	20.033	401.32

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

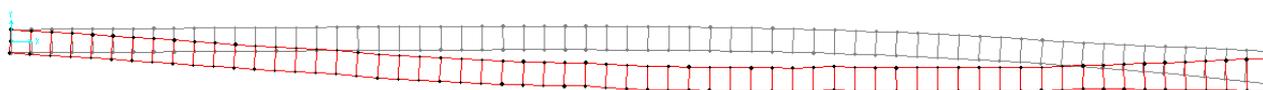


Figura 6: Prima forma modale

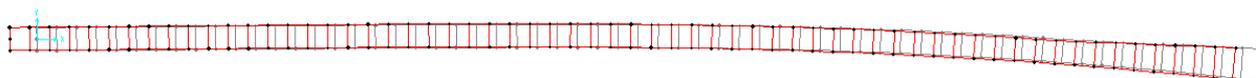


Figura 7: Seconda forma modale

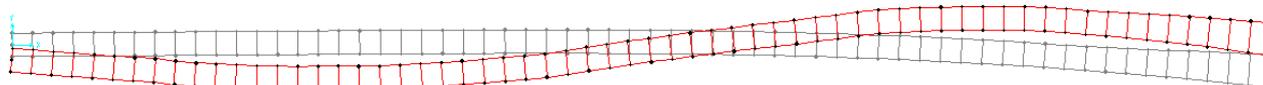


Figura 8: Terza forma modale

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>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 20 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_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 nei paragrafi 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	=	carico termico su impalcato;
q1.1	=	carichi mobili – configurazione 1 (massima azione verticale);
q1.2	=	carichi mobili – configurazione 2 (massimo momento trasversale);
q3	=	frenatura;
q4	=	azione centrifuga;
q5-impalcato	=	vento trasversale su impalcato;
q5-pile	=	vento trasversale su pile;
q6.1	=	sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.2	=	0.3 sisma longitudinale + sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.3	=	0.3 sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + sisma verticale;
q7	=	resistenza parassita dei vincoli (1% dei carichi permanenti).

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

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

Tabella 3: Sollecitazioni base pila

PILA 01							PILA 02					
H	= 9.46 m altezza pila						H	= 15.46 m altezza pila				
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato	0	0	5541	11	1	0	0	0	7270	62	1	0
g1-pile	0	0	3862	0	0	0	0	0	5302	0	0	0
g2	0	0	1248	3	0	0	0	0	1638	14	0	0
e2	92	0	424	8	918	0	50	2	70	9	740	0
e3	145	0	253	8	1445	0	79	3	42	25	1164	1
q1.1	414	2	190	18	4126	1	225	9	31	121	3324	2
q1.2	0	5	3541	5266	5	1	1	15	4168	6084	9	1
q3	0	10	1907	6127	0	0	0	23	2355	6989	5	-1
q4	135	0	0	0	1340	0	125	1	0	8	1840	0
q5-impalcato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-pile	20	422	0	4530	204	-44	19	593	0	9167	281	-31
q6.1	0	51	0	246	1	0	0	77	0	547	1	0
q6.2	951	86	54	879	8770	6	1137	158	35	2095	14543	4
q6.3	286	283	56	2873	2633	20	341	523	38	6914	4362	13
q7	285	85	181	862	2629	6	341	157	114	2074	4359	4

<b>PILA 03</b>							<b>PILA 04</b>								
H	=	15.46 m			altezza pila			H	=	15.46 m			altezza pila		
		<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>Mz</b>			<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>Mz</b>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato		0	1	8339	122	1	0			0	0	8225	350	0	0
g1-pile		0	0	5662	0	0	0			0	0	5662	0	0	0
g2		0	0	1878	27	0	0			0	0	1855	79	0	0
e2		3	5	32	134	45	0			43	8	60	330	685	0
e3		4	8	19	2	70	1			68	12	36	88	1079	0
q1.1		13	23	14	278	200	2			193	32	27	305	3081	-1
q1.2		0	17	4541	6651	6	0			0	14	4526	6685	3	0
q3		0	26	2580	7618	2	0			0	25	2538	7693	1	0
q4		121	1	0	14	1939	0			122	0	0	1	1941	0
q5-impalcato		0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0
q5-pile		12	711	0	11834	192	-9			7	702	2	11697	105	13
q6.1		0	84	0	646	1	0			0	84	0	651	0	0
q6.2		1141	169	34	2459	15719	2			1138	171	36	2478	15690	2
q6.3		342	564	35	8176	4714	4			342	565	37	8178	4718	4
q7		342	169	112	2451	4711	1			341	170	119	2453	4704	1

<b>PILA 05</b>							
H	=	16.66 m			altezza pila		
		<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>Mz</b>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato		0	3	8206	720	2	0
g1-pile		0	0	6021	0	0	0
g2		0	1	1816	161	0	0
e2		86	6	357	113	1476	1
e3		135	9	213	26	2321	-1
q1.1		386	25	160	335	6628	-4
q1.2		1	7	4489	1920	9	1
q3		1	34	2678	7163	17	1
q4		117	3	0	50	2015	0
q5-impalcato		0	0	0	0	0	0
q5-pile		35	517	7	9261	592	41
q6.1		0	89	0	729	2	0
q6.2		1131	181	42	2781	16700	6
q6.3		347	568	47	8661	5107	17
q7		340	171	140	2612	5013	5

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 22 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 3.1.2 Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino

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

La numerazione indica:

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

P0i\_NL\_sx1 è l'isolatore sinistro della P0i-esima pila;

**Tabella 4: Sollecitazioni alla testa del pulvino**

TABLE: Element Forces - Links				
Link		P=FZ	V2=FX	V3=FY
Text		KN	KN	KN
P01_NLi_dx1	01) g1-imp	2772.663	0.053186	0.037517
P01_NLi_dx1	02) g2	624.62067	0.011945	0.008511
P01_NLi_dx1	03) e2	211.13841	45.97395	0.235938
P01_NLi_dx1	04) e3.1	125.97133	72.44568	0.245788
P01_NLi_dx1	05) e3.2	94.455571	206.9318	0.774959
P01_NLi_dx1	06) q1	2348.1584	0.089602	4.508887
P01_NLi_dx1	07) q1	33.576424	0.561457	7.909165
P01_NLi_dx1	08) q3	0.0035104	67.27187	7.53E-05
P01_NLi_dx1	09) q4	0	0	0
P01_NLi_dx1	10) q5-imp	57.375384	17.94042	210.8621
P01_NLi_dx1	11) SLC1	41.635145	532.1814	56.72372
P01_NLi_dx1	12) SLC2	66.13803	159.8728	186.9709
P01_NLi_dx1	13) SLC3	125.40176	159.5231	56.09129
P01_NLi_sx1	01) g1-imp	2768.4322	0.030803	0.037382
P01_NLi_sx1	02) g2	623.66378	0.006903	0.00848
P01_NLi_sx1	03) e2	213.0604	46.10356	0.235948
P01_NLi_sx1	04) e3.1	127.14808	72.58591	0.245782
P01_NLi_sx1	05) e3.2	95.383814	207.3694	0.774955
P01_NLi_sx1	06) q1	2800.1759	0.01288	3.686424
P01_NLi_sx1	07) q1	1231.2905	0.375266	7.909196
P01_NLi_sx1	08) q3	0.0035983	67.30284	7.53E-05
P01_NLi_sx1	09) q4	0	0	0
P01_NLi_sx1	10) q5-imp	57.270875	2.513868	210.8621
P01_NLi_sx1	11) SLC1	41.697136	532.9964	56.72372
P01_NLi_sx1	12) SLC2	66.195451	159.9273	186.9709
P01_NLi_sx1	13) SLC3	125.44067	159.7517	56.09129
P02_NLi_dx2	01) g1-imp	3624.4577	0.057952	0.036463
P02_NLi_dx2	02) g2	816.57338	0.013015	0.008119
P02_NLi_dx2	03) e2	29.148743	24.91127	1.248684
P02_NLi_dx2	04) e3.1	17.406439	39.31199	1.523337
P02_NLi_dx2	05) e3.2	13.075268	112.2568	4.608283
P02_NLi_dx2	06) q1	2790.3409	0.259391	10.44905
P02_NLi_dx2	07) q1	93.127691	0.231316	15.29541
P02_NLi_dx2	08) q3	0.0010415	62.29222	0.280355
P02_NLi_dx2	09) q4	0	0	0
P02_NLi_dx2	10) q5-imp	72.584801	14.84329	296.4047
P02_NLi_dx2	11) SLC1	34.349018	493.6328	68.6969
P02_NLi_dx2	12) SLC2	83.95109	148.2324	224.4677

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 23 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

P02_NLi_dx2	13) SLC3	81.819115	147.9631	67.39035
P02_NLi_sx2	01) g1-imp	3645.5002	0.020315	0.036285
P02_NLi_sx2	02) g2	821.32847	0.004549	0.008079
P02_NLi_sx2	03) e2	40.80797	25.11105	1.248682
P02_NLi_sx2	04) e3.1	24.3404	39.52847	1.523338
P02_NLi_sx2	05) e3.2	18.240442	112.932	4.608283
P02_NLi_sx2	06) q1	3299.6358	0.129128	10.69178
P02_NLi_sx2	07) q1	2936.7451	0.20422	15.29548
P02_NLi_sx2	08) q3	0.001736	62.35326	0.280355
P02_NLi_sx2	09) q4	0	0	0
P02_NLi_sx2	10) q5-imp	72.368161	4.21301	296.4047
P02_NLi_sx2	11) SLC1	33.512025	494.0036	68.6969
P02_NLi_sx2	12) SLC2	79.64702	148.2082	224.4677
P02_NLi_sx2	13) SLC3	81.848183	148.0631	67.39035
P03_NLi_dx3	01) g1-imp	4150.247	0.064926	0.300862
P03_NLi_dx3	02) g2	934.76811	0.014576	0.068141
P03_NLi_dx3	03) e2	53.395042	1.27836	2.704296
P03_NLi_dx3	04) e3.1	31.875902	2.108592	4.07339
P03_NLi_dx3	05) e3.2	23.929951	5.968453	11.7439
P03_NLi_dx3	06) q1	3058.4648	0.042159	12.02144
P03_NLi_dx3	07) q1	89.802543	0.099867	17.79464
P03_NLi_dx3	08) q3	0.0001334	60.68783	0.436365
P03_NLi_dx3	09) q4	0	0	0
P03_NLi_dx3	10) q5-imp	83.677363	7.555174	355.6718
P03_NLi_dx3	11) SLC1	35.057045	482.2002	74.28343
P03_NLi_dx3	12) SLC2	91.388947	144.6918	246.3115
P03_NLi_dx3	13) SLC3	80.390228	144.5274	73.85667
P03_NLi_sx3	01) g1-imp	4189.2153	0.002432	0.300658
P03_NLi_sx3	02) g2	943.49133	0.000533	0.068095
P03_NLi_sx3	03) e2	21.35344	1.459991	2.704297
P03_NLi_sx3	04) e3.1	12.764317	2.29212	4.07339
P03_NLi_sx3	05) e3.2	9.6079414	6.552083	11.7439
P03_NLi_sx3	06) q1	3598.1014	0.160146	11.59453
P03_NLi_sx3	07) q1	3185.426	0.107275	17.79472
P03_NLi_sx3	08) q3	0.0019939	60.79441	0.436365
P03_NLi_sx3	09) q4	0	0	0
P03_NLi_sx3	10) q5-imp	83.453966	4.491245	355.6718
P03_NLi_sx3	11) SLC1	36.04441	481.7374	74.28343
P03_NLi_sx3	12) SLC2	94.714409	144.5323	246.3115
P03_NLi_sx3	13) SLC3	81.809694	144.387	73.85667
P04_NLi_dx4	01) g1-imp	4052.7204	0.033024	0.215831
P04_NLi_dx4	02) g2	914.15127	0.007364	0.046587
P04_NLi_dx4	03) e2	49.322509	21.42409	3.098169
P04_NLi_dx4	04) e3.1	29.425835	33.73041	5.753718
P04_NLi_dx4	05) e3.2	22.061864	96.36375	15.93049
P04_NLi_dx4	06) q1	3049.4294	0.016873	11.71659
P04_NLi_dx4	07) q1	329.43166	0.005019	17.13207
P04_NLi_dx4	08) q3	0.0212619	60.72532	0.019901
P04_NLi_dx4	09) q4	0	0	0
P04_NLi_dx4	10) q5-imp	84.489741	5.61815	351.0516

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 24 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

P04_NLi_dx4	11) SLC1	36.216425	482.6079	75.35304
P04_NLi_dx4	12) SLC2	91.946475	144.9717	247.4661
P04_NLi_dx4	13) SLC3	85.658937	144.6626	74.26332
P04_NLi_sx4	01) g1-imp	4172.034	0.019894	0.215631
P04_NLi_sx4	02) g2	941.16245	0.004452	0.046542
P04_NLi_sx4	03) e2	108.88076	21.50408	3.098168
P04_NLi_sx4	04) e3.1	64.942575	33.85028	5.753718
P04_NLi_sx4	05) e3.2	48.666295	96.70972	15.93049
P04_NLi_sx4	06) q1	3588.6482	0.09372	10.0536
P04_NLi_sx4	07) q1	2740.3228	0.08401	17.13213
P04_NLi_sx4	08) q3	0.0220246	60.87027	0.019901
P04_NLi_sx4	09) q4	0	0	0
P04_NLi_sx4	10) q5-imp	86.304088	0.961897	351.0516
P04_NLi_sx4	11) SLC1	34.915803	482.2895	75.35304
P04_NLi_sx4	12) SLC2	86.678146	144.8257	247.4661
P04_NLi_sx4	13) SLC3	84.669672	144.563	74.26332
P05_NLi_dx5	01) g1-imp	3969.2093	0.09368	1.458825
P05_NLi_dx5	02) g2	878.14545	0.021063	0.325296
P05_NLi_dx5	03) e2	215.1961	42.69161	2.695085
P05_NLi_dx5	04) e3.1	128.5132	67.36217	4.426904
P05_NLi_dx5	05) e3.2	96.546302	192.3601	12.54075
P05_NLi_dx5	06) q1	2955.5186	0.788644	14.51383
P05_NLi_dx5	07) q1	144.13583	0.53252	22.46472
P05_NLi_dx5	08) q3	0.0488001	58.63333	1.452023
P05_NLi_dx5	09) q4	0	0	0
P05_NLi_dx5	10) q5-imp	72.183305	24.46212	258.2978
P05_NLi_dx5	11) SLC1	40.485575	465.2786	69.95357
P05_NLi_dx5	12) SLC2	97.454421	141.1806	205.8986
P05_NLi_dx5	13) SLC3	99.244647	139.5855	62.42772
P05_NLi_sx5	01) g1-imp	4237.0055	0.03587	1.459025
P05_NLi_sx5	02) g2	938.00225	0.008032	0.32534
P05_NLi_sx5	03) e2	141.8662	43.10124	2.695094
P05_NLi_sx5	04) e3.1	84.542447	67.86595	4.426899
P05_NLi_sx5	05) e3.2	63.240075	193.881	12.54075
P05_NLi_sx5	06) q1	3525.3626	0.407769	17.72144
P05_NLi_sx5	07) q1	3198.3347	0.387301	22.4648
P05_NLi_sx5	08) q3	0.0467964	58.79428	1.452023
P05_NLi_sx5	09) q4	0	0	0
P05_NLi_sx5	10) q5-imp	65.596982	10.04631	258.2978
P05_NLi_sx5	11) SLC1	38.309788	466.4745	69.95357
P05_NLi_sx5	12) SLC2	85.617044	140.6493	205.8986
P05_NLi_sx5	13) SLC3	99.764475	139.8699	62.42772



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 26 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

### 3.3 SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

#### PILA 01

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13
<b>Fx</b>	295	489	258	452	295	489	258	452	497	691	460	654	497
<b>Fy</b>	434	434	-418	-417	441	441	-411	-410	432	433	-420	-419	437
<b>Fz</b>	19851	19805	19851	19805	17644	17599	17644	17599	18656	18610	18656	18610	17001
<b>Mx</b>	11441	11449	2845	2852	12604	12611	4008	4015	9664	9671	1068	1075	10536
<b>My</b>	2912	4843	2543	4474	2906	4837	2538	4469	4921	6852	4552	6483	4916

	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26
<b>Fx</b>	691	460	654	295	489	258	452	295	489	258	452	308	501
<b>Fy</b>	438	-415	-414	432	433	-420	-419	437	438	-415	-414	716	717
<b>Fz</b>	16955	17001	16955	18656	18610	18656	18610	17001	16955	17001	16955	18656	18610
<b>Mx</b>	10543	1940	1947	9664	9671	1068	1075	10536	10543	1940	1947	12530	12537
<b>My</b>	6847	4548	6479	2910	4841	2542	4473	2906	4837	2538	4469	3033	4964

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 27 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>
<b>Fx</b>	246	440	307	501	246	439	365	688	328	651	364	688	327
<b>Fy</b>	-704	-703	721	722	-699	-698	432	433	-420	-418	437	439	-414
<b>Fz</b>	18655	18610	17001	16955	17001	16955	18777	18701	18777	18701	17122	17046	17122
<b>Mx</b>	-1797	-1790	13402	13409	-925	-918	9668	9680	1072	1084	10540	10552	1944
<b>My</b>	2419	4350	3029	4959	2415	4346	3603	6822	3235	6454	3599	6817	3231

	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>	<b>SLE-C1</b>	<b>SLE-C2</b>	<b>SLE-C3</b>	<b>SLE-C4</b>	<b>SLE-C5</b>	<b>SLE-C6</b>
<b>Fx</b>	651	1157	1291	491	626	491	625	233	394	208	370	232	394
<b>Fy</b>	-413	87	88	284	284	86	86	288	289	-279	-279	277	277
<b>Fz</b>	17046	11256	11225	11258	11226	11383	11352	13883	13845	13883	13845	9797	9759
<b>Mx</b>	1956	905	910	2899	2904	889	894	6842	6848	1111	1117	-1703	-1697
<b>My</b>	6449	10797	12138	4660	6001	4656	5997	2297	3907	2052	3661	2294	3903

	<b>SLE-C7</b>	<b>SLE-C8</b>	<b>SLE-F1</b>	<b>SLE-F2</b>	<b>SLE-F3</b>	<b>SLE-F4</b>	<b>SLE-F5</b>	<b>SLE-F6</b>	<b>SLE-F7</b>	<b>SLE-F8</b>	<b>SLE-QP1</b>	<b>SLE-QP2</b>
<b>Fx</b>	208	369	225	386	216	378	224	386	216	377	206	340
<b>Fy</b>	-291	-290	99	100	-90	-90	88	88	-102	-101	1	1
<b>Fz</b>	9797	9759	13883	13845	13883	13845	9797	9759	9797	9759	11202	11170
<b>Mx</b>	-7434	-7428	4932	4937	3021	3027	-3613	-3607	-5523	-5518	26	31
<b>My</b>	2048	3658	2216	3825	2134	3743	2212	3821	2130	3739	2027	3368

#### PILA P02

	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>	<b>SLU13</b>
<b>Fx</b>	215	321	181	286	215	320	180	286	402	507	368	473	402
<b>Fy</b>	628	632	-578	-573	638	642	-568	-563	623	628	-582	-578	631
<b>Fz</b>	24924	24917	24924	24916	22476	22468	22475	22468	23517	23510	23517	23509	21681
<b>Mx</b>	17085	17154	-399	-330	18307	18376	823	892	15044	15114	-2440	-2371	15961
<b>My</b>	3233	4789	2725	4281	3228	4784	2720	4275	5990	7545	5482	7037	5986

	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>
<b>Fx</b>	507	367	473	215	320	181	286	215	320	180	286	227	332
<b>Fy</b>	636	-574	-570	623	627	-583	-578	630	635	-575	-571	1024	1029
<b>Fz</b>	21674	21681	21673	23517	23510	23517	23509	21681	21674	21681	21673	23517	23510
<b>Mx</b>	16030	-1523	-1454	15032	15101	-2452	-2383	15948	16018	-1536	-1467	20860	20929
<b>My</b>	7542	5478	7033	3230	4786	2722	4277	3227	4782	2718	4274	3400	4955

	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>
<b>Fx</b>	169	275	226	332	169	274	253	429	218	394	253	428	218
<b>Fy</b>	-985	-980	1032	1037	-977	-973	624	632	-581	-574	632	639	-574
<b>Fz</b>	23517	23509	21681	21674	21681	21673	23537	23525	23537	23524	21701	21689	21701
<b>Mx</b>	-8280	-8211	21776	21846	-7364	-7295	15044	15159	-2440	-2325	15960	16076	-1524
<b>My</b>	2553	4108	3396	4951	2549	4104	3789	6381	3281	5873	3785	6377	3277

	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>	<b>SLE-C1</b>	<b>SLE-C2</b>	<b>SLE-C3</b>	<b>SLE-C4</b>	<b>SLE-C5</b>	<b>SLE-C6</b>
<b>Fx</b>	394	1280	1353	484	557	484	557	163	251	140	228	162	250
<b>Fy</b>	-566	162	165	526	529	160	163	417	421	-387	-383	388	392
<b>Fz</b>	21688	14335	14330	14339	14334	14415	14409	17431	17425	17431	17424	12539	12532
<b>Mx</b>	-1408	2192	2240	7011	7059	2171	2219	10490	10548	-1166	-1109	686	743
<b>My</b>	5869	16692	17772	6511	7591	6508	7588	2442	3738	2103	3399	2431	3727

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 28 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6	SLE-F7	SLE-F8	SLE-QP1	SLE-QP2
<b>Fx</b>	139	227	155	243	148	235	155	242	147	235	143	216
<b>Fy</b>	-415	-412	149	153	-119	-115	120	124	-148	-144	3	6
<b>Fz</b>	12538	12532	17431	17424	17431	17424	12538	12532	12538	12532	14300	14295
<b>Mx</b>	-10970	-10913	6604	6662	2719	2777	-3200	-3142	-7085	-7027	97	145
<b>My</b>	2093	3389	2329	3625	2216	3512	2318	3614	2205	3502	2150	3230

#### PILA P03

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13
<b>Fx</b>	110	116	88	94	110	116	88	94	292	298	270	276	292
<b>Fy</b>	751	762	-680	-669	763	775	-667	-656	747	758	-684	-673	756
<b>Fz</b>	27620	27616	27619	27616	24973	24970	24973	24969	26087	26084	26087	26083	24102
<b>Mx</b>	20573	20772	-1890	-1691	21879	22078	-585	-386	18349	18549	-4114	-3915	19329
<b>My</b>	1710	1803	1362	1455	1705	1798	1357	1450	4616	4709	4268	4362	4612

	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26
<b>Fx</b>	298	270	276	110	116	88	94	110	115	88	94	117	123
<b>Fy</b>	767	-675	-664	745	756	-686	-675	755	766	-676	-665	1222	1233
<b>Fz</b>	24099	24102	24098	26087	26084	26087	26083	24102	24099	24102	24098	26087	26084
<b>Mx</b>	19528	-3135	-2936	18328	18528	-4135	-3936	19308	19507	-3156	-2957	25816	26016
<b>My</b>	4706	4265	4358	1708	1801	1360	1453	1704	1797	1356	1450	1824	1917

	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39
<b>Fx</b>	81	87	117	123	81	86	112	122	90	100	112	121	90
<b>Fy</b>	-1163	-1152	1232	1243	-1153	-1142	749	768	-682	-663	759	777	-672
<b>Fz</b>	26087	26083	24102	24099	24102	24098	26096	26091	26096	26090	24111	24106	24111
<b>Mx</b>	-11623	-11424	26795	26995	-10644	-10444	18329	18661	-4134	-3802	19308	19641	-3155
<b>My</b>	1244	1338	1820	1913	1241	1334	1741	1897	1394	1549	1738	1893	1390

	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLE-C1	SLE-C2	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6
<b>Fx</b>	100	1207	1212	409	413	408	412	74	79	60	65	74	79
<b>Fy</b>	-654	179	187	574	581	179	187	500	509	-454	-445	468	477
<b>Fz</b>	24105	15955	15952	15956	15954	16033	16031	19329	19326	19328	19325	13988	13985
<b>Mx</b>	-2823	2743	2881	8460	8598	2735	2873	12760	12926	-2216	-2050	2059	2225
<b>My</b>	1546	16748	16813	5743	5808	5740	5805	1156	1234	925	1003	1151	1228

	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6	SLE-F7	SLE-F8	SLE-QP1	SLE-QP2
<b>Fx</b>	59	64	70	74	65	70	69	74	64	69	66	70
<b>Fy</b>	-486	-477	182	191	-136	-127	150	159	-168	-159	10	18
<b>Fz</b>	13987	13985	19329	19326	19328	19326	13988	13985	13987	13985	15921	15919
<b>Mx</b>	-12917	-12751	7768	7934	2776	2942	-2933	-2767	-7925	-7759	284	422
<b>My</b>	919	997	1079	1157	1002	1080	1073	1151	996	1074	1029	1094

#### PILA P04

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13
<b>Fx</b>	197	287	185	276	197	287	185	275	379	470	368	458	379
<b>Fy</b>	745	760	-670	-655	759	774	-655	-641	740	755	-675	-660	751
<b>Fz</b>	27461	27454	27457	27451	24776	24770	24773	24767	25933	25927	25930	25923	23920

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 29 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>Mx</b>	21175	21332	-1050	-893	22536	22693	311	468	18920	19077	-3305	-3148	19941
<b>My</b>	3100	4542	2911	4353	3099	4541	2909	4351	6010	7452	5821	7263	6009
	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>
<b>Fx</b>	470	367	458	197	287	185	276	197	287	185	275	201	291
<b>Fy</b>	766	-664	-649	740	755	-675	-660	751	766	-664	-649	1212	1226
<b>Fz</b>	23913	23917	23910	25933	25927	25930	25923	23920	23913	23917	23910	25934	25928
<b>Mx</b>	20098	-2284	-2127	18919	19076	-3306	-3149	19940	20097	-2285	-2128	26327	26484
<b>My</b>	7451	5820	7262	3099	4541	2910	4352	3098	4540	2909	4351	3163	4605
	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>
<b>Fx</b>	181	272	201	291	181	271	229	380	218	368	229	380	218
<b>Fy</b>	-1146	-1132	1222	1237	-1135	-1121	746	770	-669	-645	756	781	-658
<b>Fz</b>	25929	25922	23921	23915	23915	23909	25950	25940	25947	25936	23937	23926	23934
<b>Mx</b>	-10714	-10558	27348	27505	-9693	-9537	18961	19222	-3264	-3003	19982	20243	-2243
<b>My</b>	2847	4289	3161	4603	2846	4288	3617	6021	3428	5831	3616	6019	3427
	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>	<b>SLE-C1</b>	<b>SLE-C2</b>	<b>SLE-C3</b>	<b>SLE-C4</b>	<b>SLE-C5</b>	<b>SLE-C6</b>
<b>Fx</b>	368	1275	1338	480	542	478	541	148	223	140	215	148	223
<b>Fy</b>	-634	185	195	579	589	184	194	497	510	-446	-433	468	480
<b>Fz</b>	23923	15855	15851	15856	15852	15938	15934	19219	19213	19216	19211	13921	13915
<b>Mx</b>	-1982	3280	3389	8981	9090	3256	3365	13233	13364	-1583	-1453	2450	2581
<b>My</b>	5830	17851	18852	6878	7879	6864	7865	2333	3535	2207	3408	2330	3532
	<b>SLE-C7</b>	<b>SLE-C8</b>	<b>SLE-F1</b>	<b>SLE-F2</b>	<b>SLE-F3</b>	<b>SLE-F4</b>	<b>SLE-F5</b>	<b>SLE-F6</b>	<b>SLE-F7</b>	<b>SLE-F8</b>	<b>SLE-QP1</b>	<b>SLE-QP2</b>	
<b>Fx</b>	140	215	145	221	143	218	145	221	143	218	137	200	
<b>Fy</b>	-475	-463	183	195	-131	-119	154	166	-161	-148	14	24	
<b>Fz</b>	13918	13913	19218	19213	19217	19212	13920	13915	13919	13914	15819	15815	
<b>Mx</b>	-12366	-12236	8295	8425	3356	3486	-2489	-2358	-7427	-7297	803	912	
<b>My</b>	2204	3405	2291	3493	2249	3450	2288	3490	2246	3448	2160	3162	

### PILA P05

	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>	<b>SLU13</b>
<b>Fx</b>	323	504	260	441	323	504	261	442	499	680	436	617	499
<b>Fy</b>	572	584	-518	-506	608	620	-482	-470	574	586	-516	-504	601
<b>Fz</b>	28306	28268	28294	28256	25862	25823	25850	25812	26791	26753	26780	26741	24958
<b>Mx</b>	12927	13149	-5055	-4833	20004	20227	2022	2244	12353	12576	-5629	-5407	17661
<b>My</b>	5495	8596	4425	7526	5506	8607	4436	7537	8514	11616	7445	10546	8522
	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>
<b>Fx</b>	680	437	618	323	503	260	441	323	504	261	442	343	524
<b>Fy</b>	613	-489	-477	570	582	-520	-509	597	609	-493	-481	933	945
<b>Fz</b>	24920	24946	24908	26791	26753	26780	26741	24958	24920	24946	24908	26795	26757
<b>Mx</b>	17884	-321	-99	12279	12501	-5704	-5481	17587	17809	-396	-173	18273	18495
<b>My</b>	11624	7453	10554	5492	8593	4422	7523	5500	8601	4430	7532	5848	8949
	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>
<b>Fx</b>	240	420	344	525	240	421	388	689	325	626	388	689	326
<b>Fy</b>	-884	-872	960	972	-856	-845	574	594	-516	-496	601	621	-489

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 30 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>Fz</b>	26776	26737	24962	24924	24942	24904	26894	26830	26882	26818	25060	24996	25048
<b>Mx</b>	-11698	-11475	23581	23803	-6390	-6167	12291	12662	-5691	-5320	17599	17970	-383
<b>My</b>	4065	7167	5856	8958	4074	7175	6605	11774	5536	10705	6614	11783	5544

	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>	<b>SLE-C1</b>	<b>SLE-C2</b>	<b>SLE-C3</b>	<b>SLE-C4</b>	<b>SLE-C5</b>	<b>SLE-C6</b>
<b>Fx</b>	627	1345	1470	561	686	553	679	249	399	207	358	247	398
<b>Fy</b>	-469	195	203	582	590	185	193	383	393	-344	-334	353	363
<b>Fz</b>	24984	16549	16523	16554	16527	16647	16620	19899	19867	19891	19859	14524	14492
<b>Mx</b>	-12	3788	3942	9668	9822	3619	3773	8444	8629	-3545	-3359	1631	1817
<b>My</b>	10713	20340	22494	8747	10901	8654	10807	4236	6820	3523	6107	4216	6801

	<b>SLE-C7</b>	<b>SLE-C8</b>	<b>SLE-F1</b>	<b>SLE-F2</b>	<b>SLE-F3</b>	<b>SLE-F4</b>	<b>SLE-F5</b>	<b>SLE-F6</b>	<b>SLE-F7</b>	<b>SLE-F8</b>	<b>SLE-QP1</b>	<b>SLE-QP2</b>
<b>Fx</b>	206	357	235	385	221	371	234	384	220	370	214	339
<b>Fy</b>	-374	-364	141	150	-102	-92	111	120	-132	-122	14	22
<b>Fz</b>	14516	14484	19896	19864	19894	19862	14521	14489	14519	14487	16507	16481
<b>Mx</b>	-10357	-10172	4448	4633	451	637	-2365	-2179	-6361	-6176	1007	1161
<b>My</b>	3503	6088	3998	6582	3760	6345	3979	6563	3741	6325	3640	5794

### 3.3.2 Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino

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

La numerazione indica:

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

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

#### PILA P01

##### NLi-dx1

	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	8152	8129	8049	8026	5027	5005	4924	4901	7360	7337	7256	7234
<b>Fx</b>	124	221	91	188	124	221	92	189	225	321	192	289
<b>Fy</b>	196	197	-183	-183	201	201	-179	-178	195	195	-185	-184
<b>V</b>	232	296	205	262	236	299	201	260	297	376	267	343

	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	5016	4993	4913	4890	7360	7337	7256	7234	5016	4993	4913	4890
<b>Fx</b>	225	322	193	290	124	220	91	188	124	221	92	189
<b>Fy</b>	198	199	-181	-181	195	195	-185	-184	198	199	-181	-181
<b>V</b>	300	378	265	341	231	295	206	263	234	297	203	261

	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	7394	7371	7222	7199	5050	5028	4878	4856	7420	7382	7317	7279
<b>Fx</b>	134	231	81	177	135	232	81	178	158	320	126	288
<b>Fy</b>	321	322	-311	-311	325	325	-308	-307	195	196	-185	-184
<b>V</b>	348	396	321	358	352	399	318	355	251	375	224	341

	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>
<b>Fz</b>	5076	5039	4973	4935	3702	3687	3723	3707	3763	3747
<b>Fx</b>	159	320	127	288	472	539	199	267	199	266
<b>Fy</b>	198	199	-181	-180	42	42	137	137	41	42
<b>V</b>	254	377	221	340	474	541	242	300	203	270

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 31 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

**NLi-sx1**

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
<b>Fz</b>	8758	8735	8655	8632	6640	6617	6537	6514	7813	7790	7710	7687
<b>Fx</b>	110	207	105	202	110	207	106	203	211	308	206	303
<b>Fy</b>	195	196	-184	-184	201	201	-179	-178	194	194	-186	-185
<b>V</b>	224	285	212	273	229	289	208	270	287	364	277	355

	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
<b>Fz</b>	6225	6202	6122	6099	7813	7790	7710	7687	6225	6202	6122	6099
<b>Fx</b>	211	308	207	304	110	207	105	202	110	207	106	203
<b>Fy</b>	198	199	-181	-181	194	194	-186	-185	198	199	-181	-181
<b>V</b>	290	367	275	354	223	284	213	274	227	287	210	272

	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
<b>Fz</b>	7848	7825	7676	7653	6259	6236	6087	6064	7874	7836	7771	7733
<b>Fx</b>	111	208	104	201	112	209	104	201	145	306	140	302
<b>Fy</b>	321	321	-312	-312	325	325	-308	-307	194	195	-185	-185
<b>V</b>	339	383	329	371	344	386	325	367	242	363	232	354

	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
<b>Fz</b>	6286	6248	6183	6145	3700	3684	3720	3705	3760	3744
<b>Fx</b>	145	307	141	302	473	540	200	267	200	267
<b>Fy</b>	198	199	-181	-180	42	42	137	137	41	42
<b>V</b>	246	366	229	352	475	542	242	300	204	270

**PILA P02**

**NLi-dx2**

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
<b>Fz</b>	9875	9872	9745	9741	6234	6231	6103	6100	8933	8930	8803	8800
<b>Fx</b>	72	125	45	98	72	124	45	98	165	218	139	191
<b>Fy</b>	284	286	-250	-248	290	292	-243	-241	280	283	-253	-251
<b>V</b>	293	312	254	266	299	318	248	260	326	357	289	315

	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
<b>Fz</b>	6203	6199	6072	6069	8933	8930	8803	8800	6203	6199	6072	6069
<b>Fx</b>	165	218	139	191	72	124	45	98	72	124	45	98
<b>Fy</b>	285	288	-248	-246	280	282	-254	-251	285	287	-249	-246
<b>V</b>	330	361	284	312	289	308	258	270	294	313	253	265

	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
<b>Fz</b>	8977	8974	8759	8756	6246	6243	6028	6025	8942	8937	8811	8806
<b>Fx</b>	81	133	36	89	81	133	36	89	91	178	64	152
<b>Fy</b>	458	460	-431	-429	463	465	-426	-424	281	284	-253	-249
<b>V</b>	465	479	433	438	470	484	428	433	295	336	261	292

	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
<b>Fz</b>	6211	6206	6080	6075	4505	4503	4544	4542	4539	4537
<b>Fx</b>	91	178	64	152	407	443	153	190	153	190
<b>Fy</b>	286	289	-248	-244	52	53	165	166	51	52

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 32 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

V 300 340 256 287 410 446 225 252 161 197

**NLi-sx2**

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
<b>Fz</b>	10616	10612	10486	10482	10126	10122	9996	9992	9503	9498	9372	9368
<b>Fx</b>	63	115	55	108	63	116	55	108	156	209	148	201
<b>Fy</b>	284	286	-250	-247	290	292	-243	-241	281	283	-253	-251
<b>V</b>	291	308	256	270	297	314	250	264	321	352	293	321

	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
<b>Fz</b>	9135	9131	9005	9001	9503	9498	9372	9368	9135	9131	9005	9001
<b>Fx</b>	156	209	149	201	63	115	55	108	63	115	55	108
<b>Fy</b>	285	288	-248	-246	280	282	-253	-251	285	287	-249	-246
<b>V</b>	325	355	289	318	287	305	259	273	292	309	255	269

	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
<b>Fz</b>	9546	9542	9329	9325	9179	9174	8962	8957	9514	9507	9384	9377
<b>Fx</b>	65	118	52	105	65	118	53	105	82	170	74	162
<b>Fy</b>	458	460	-431	-429	463	465	-426	-424	281	285	-253	-249
<b>V</b>	463	475	434	442	467	480	430	437	293	331	263	297

	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
<b>Fz</b>	9147	9140	9017	9009	4545	4542	4582	4579	4580	4577
<b>Fx</b>	82	170	74	162	407	444	154	190	153	190
<b>Fy</b>	286	289	-248	-244	52	53	165	166	51	52
<b>V</b>	297	335	259	293	410	447	225	253	162	197

**PILA P03**

**NLi-dx3**

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
<b>Fz</b>	11156	11150	11005	11000	7148	7143	6998	6992	10124	10118	9973	9967
<b>Fx</b>	10	13	-4	-1	10	13	-4	-1	101	104	87	90
<b>Fy</b>	343	349	-297	-292	351	356	-289	-284	340	345	-301	-295
<b>V</b>	343	349	297	292	351	357	289	284	354	360	313	309

	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
<b>Fz</b>	7118	7112	6967	6962	10124	10118	9973	9967	7118	7112	6967	6962
<b>Fx</b>	101	104	87	90	10	13	-4	-1	10	13	-4	-1
<b>Fy</b>	345	351	-295	-289	339	344	-301	-296	345	350	-295	-290
<b>V</b>	360	366	307	303	339	345	301	296	345	351	295	290

	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
<b>Fz</b>	10174	10168	9923	9917	7168	7163	6917	6911	10139	10130	9988	9979
<b>Fx</b>	15	17	-8	-5	15	17	-8	-5	11	16	-3	2
<b>Fy</b>	552	558	-515	-509	558	564	-509	-503	341	350	-299	-290
<b>V</b>	553	558	515	509	558	564	509	503	341	350	299	290

	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
<b>Fz</b>	7133	7124	6983	6973	5181	5177	5227	5223	5214	5210

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 33 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>Fx</b>	11	16	-3	2	356	358	109	111	108	110		
<b>Fy</b>	347	356	-293	-284	59	63	183	187	58	62		
<b>V</b>	347	356	293	284	361	364	213	217	123	127		

**NLi-sx3**

	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	11897	11894	11746	11744	11339	11337	11189	11187	10682	10680	10532	10530
<b>Fx</b>	8	11	0	3	8	11	0	3	99	102	91	94
<b>Fy</b>	342	348	-298	-292	351	356	-289	-284	339	345	-301	-296
<b>V</b>	343	348	298	292	351	356	289	284	353	359	314	310

	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	10264	10262	10114	10112	10682	10680	10532	10530	10264	10262	10114	10112
<b>Fx</b>	99	102	91	94	8	11	0	3	8	11	-1	3
<b>Fy</b>	345	351	-295	-289	339	344	-302	-296	345	350	-295	-290
<b>V</b>	359	365	308	304	339	344	302	296	345	350	295	290

	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	10732	10730	10482	10480	10314	10312	10064	10062	10688	10684	10538	10534
<b>Fx</b>	10	13	-3	0	10	13	-3	0	9	14	1	6
<b>Fy</b>	552	557	-515	-510	558	564	-509	-503	340	350	-300	-291
<b>V</b>	552	558	515	510	558	564	509	503	341	350	300	291

	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>		
<b>Fz</b>	10270	10267	10120	10116	5188	5187	5236	5234	5221	5219		
<b>Fx</b>	9	14	1	6	356	358	109	111	109	111		
<b>Fy</b>	347	356	-293	-284	59	63	183	187	58	62		
<b>V</b>	347	356	293	284	361	364	213	217	123	127		

**PILA P04**

**NLi-dx4**

	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	10978	10973	10826	10821	7306	7301	7154	7149	9949	9944	9797	9792
<b>Fx</b>	55	100	45	90	55	100	45	90	146	191	136	181
<b>Fy</b>	340	347	-292	-285	347	355	-285	-277	336	343	-296	-289
<b>V</b>	344	361	295	299	352	369	288	292	366	393	326	341

	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	7195	7190	7043	7038	9949	9944	9797	9792	7195	7190	7043	7038
<b>Fx</b>	146	191	136	181	55	100	45	90	55	100	45	90
<b>Fy</b>	342	349	-290	-283	336	343	-296	-289	342	349	-290	-283
<b>V</b>	372	398	321	336	341	358	299	302	346	363	294	297

	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	10000	9995	9746	9741	7246	7241	6992	6987	9963	9955	9811	9802
<b>Fx</b>	58	104	42	87	58	104	42	87	71	146	61	136
<b>Fy</b>	547	554	-506	-499	552	559	-501	-494	339	351	-293	-281
<b>V</b>	550	564	508	507	555	569	503	501	346	380	299	312

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 34 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>
<b>Fz</b>	7209	7201	7057	7048	5059	5055	5104	5100	5094	5090
<b>Fx</b>	71	146	61	136	392	424	145	176	144	176
<b>Fy</b>	344	356	-288	-275	61	66	185	190	60	65
<b>V</b>	352	385	294	307	397	429	235	259	156	187

#### NLi-sx4

	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	12003	11991	11847	11836	10857	10846	10702	10690	10791	10780	10636	10624
<b>Fx</b>	51	96	49	95	51	96	49	95	142	188	141	186
<b>Fy</b>	338	345	-294	-287	347	355	-285	-277	334	342	-298	-290
<b>V</b>	342	358	298	302	351	367	289	293	363	390	329	345

	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	9933	9921	9777	9765	10791	10780	10636	10624	9932	9921	9777	9765
<b>Fx</b>	142	188	141	186	51	96	49	95	51	96	49	95
<b>Fy</b>	342	349	-290	-283	334	342	-298	-290	342	349	-290	-283
<b>V</b>	370	396	323	339	338	355	302	305	345	362	295	298

	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	10843	10831	10584	10573	9984	9973	9725	9714	10823	10803	10667	10648
<b>Fx</b>	52	97	49	94	52	97	49	94	67	143	66	141
<b>Fy</b>	545	552	-508	-501	552	559	-501	-494	337	349	-295	-283
<b>V</b>	547	561	511	510	555	568	503	503	344	377	302	316

	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>
<b>Fz</b>	9964	9944	9808	9789	5281	5273	5323	5315	5317	5309
<b>Fx</b>	67	143	66	141	392	424	145	176	145	176
<b>Fy</b>	344	356	-288	-275	61	66	185	190	60	65
<b>V</b>	351	384	295	309	397	429	235	259	156	188

#### PILA P05

##### NLi-dx5

	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	10950	10927	10820	10797	7154	7131	7024	7001	9952	9929	9822	9799
<b>Fx</b>	123	213	79	169	123	213	79	169	211	301	167	257
<b>Fy</b>	261	267	-204	-198	272	277	-193	-187	258	264	-207	-201
<b>V</b>	288	341	219	260	298	350	209	252	333	400	266	326

	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	7106	7083	6976	6953	9952	9929	9822	9799	7106	7083	6976	6953
<b>Fx</b>	210	300	166	256	123	213	79	169	122	212	78	168
<b>Fy</b>	266	272	-199	-193	256	262	-209	-203	264	270	-201	-195
<b>V</b>	339	405	259	321	284	337	223	264	291	343	216	258

	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	9995	9972	9779	9756	7149	7126	6932	6909	10014	9975	9884	9846
<b>Fx</b>	137	227	64	154	137	227	64	154	155	305	111	261
<b>Fy</b>	411	417	-364	-358	419	425	-356	-350	258	268	-207	-197

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 35 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

<b>V</b>	433	475	370	390	441	482	362	382	301	406	235	327
	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>		
<b>Fz</b>	7167	7129	7037	6999	5158	5142	5204	5188	5199	5183		
<b>Fx</b>	155	305	111	261	418	481	180	243	179	241		
<b>Fy</b>	266	276	-199	-189	57	62	156	160	52	56		
<b>V</b>	308	411	228	322	422	485	238	291	186	248		

#### NLi-sx5

	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
<b>Fz</b>	12036	12020	11918	11902	11594	11579	11476	11461	10846	10831	10728	10712
<b>Fx</b>	110	201	92	183	110	201	92	183	198	289	180	271
<b>Fy</b>	265	271	-200	-194	272	277	-193	-187	261	267	-204	-198
<b>V</b>	287	337	220	267	293	343	214	262	328	394	272	335

	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
<b>Fz</b>	10515	10499	10397	10381	10846	10830	10728	10712	10515	10499	10397	10381
<b>Fx</b>	198	289	180	271	110	201	92	183	110	201	92	183
<b>Fy</b>	266	272	-199	-193	259	265	-206	-200	264	270	-201	-195
<b>V</b>	332	397	268	333	282	333	225	271	286	336	221	267

	<b>SLU25</b>	<b>SLU26</b>	<b>SLU27</b>	<b>SLU28</b>	<b>SLU29</b>	<b>SLU30</b>	<b>SLU31</b>	<b>SLU32</b>	<b>SLU33</b>	<b>SLU34</b>	<b>SLU35</b>	<b>SLU36</b>
<b>Fz</b>	10885	10870	10688	10673	10554	10539	10357	10342	10886	10861	10768	10743
<b>Fx</b>	116	207	86	177	116	207	86	177	143	294	125	276
<b>Fy</b>	414	420	-361	-355	419	425	-356	-350	261	271	-204	-194
<b>V</b>	430	468	371	396	435	473	366	392	298	400	239	337

	<b>SLU37</b>	<b>SLU38</b>	<b>SLU39</b>	<b>SLU40</b>	<b>SLV1</b>	<b>SLV2</b>	<b>SLV3</b>	<b>SLV4</b>	<b>SLV5</b>	<b>SLV6</b>
<b>Fz</b>	10555	10530	10437	10412	5388	5378	5427	5416	5432	5421
<b>Fx</b>	143	294	125	276	420	483	180	243	180	243
<b>Fy</b>	266	276	-199	-189	57	62	156	160	52	56
<b>V</b>	302	403	235	334	424	487	238	291	187	249

### 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
<b>SLU1</b>	295	434	27621	12525	2173
<b>SLU2</b>	489	434	27576	12534	3619
<b>SLU3</b>	258	-418	27621	1800	1897
<b>SLU4</b>	452	-417	27575	1809	3344
<b>SLU5</b>	295	441	25415	13706	2169
<b>SLU6</b>	489	441	25369	13715	3615
<b>SLU7</b>	258	-411	25414	2980	1893
<b>SLU8</b>	452	-410	25369	2989	3339
<b>SLU9</b>	497	432	26426	10744	3678

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 36 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_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>
SLU10	691	433	26380	10753	5124
SLU11	460	-420	26426	18	3402
SLU12	654	-419	26380	27	4848
SLU13	497	437	24771	11629	3675
SLU14	691	438	24726	11638	5121
SLU15	460	-415	24771	903	3399
SLU16	654	-414	24725	912	4845
SLU17	295	432	26426	10744	2172
SLU18	489	433	26380	10753	3618
SLU19	258	-420	26426	18	1896
SLU20	452	-419	26380	27	3343
SLU21	295	437	24771	11629	2169
SLU22	489	438	24726	11638	3615
SLU23	258	-415	24771	903	1893
SLU24	452	-414	24725	912	3339
SLU25	308	716	26426	14319	2264
SLU26	501	717	26380	14328	3710
SLU27	246	-704	26426	-3557	1804
SLU28	440	-703	26380	-3548	3251
SLU29	307	721	24771	15204	2261
SLU30	501	722	24726	15213	3707
SLU31	246	-699	24771	-2672	1801
SLU32	439	-698	24725	-2663	3247
SLU33	365	432	26547	10748	2691
SLU34	688	433	26472	10763	5102
SLU35	328	-420	26547	23	2416
SLU36	651	-418	26471	38	4826
SLU37	364	437	24893	11634	2688
SLU38	688	439	24817	11649	5099
SLU39	327	-414	24892	908	2412
SLU40	651	-413	24816	923	4823
SLV1	1157	87	17012	1122	7905
SLV2	1291	88	16980	1129	8909
SLV3	491	284	17013	3040	4146
SLV4	626	284	16982	3046	5150
SLV5	491	86	17139	1103	3429
SLV6	625	86	17107	1109	4433
SLE-C1	233	288	19639	7563	1716
SLE-C2	394	289	19601	7570	2921
SLE-C3	208	-279	19639	412	1532
SLE-C4	370	-279	19601	420	2737
SLE-C5	232	277	15553	-1011	1713
SLE-C6	394	277	15515	-1003	2918
SLE-C7	208	-291	15553	-8161	1529
SLE-C8	369	-290	15515	-8154	2734
SLE-F1	225	99	19639	5179	1654
SLE-F2	386	100	19601	5187	2860
SLE-F3	216	-90	19639	2796	1593
SLE-F4	378	-90	19601	2803	2798
SLE-F5	224	88	15553	-3394	1652

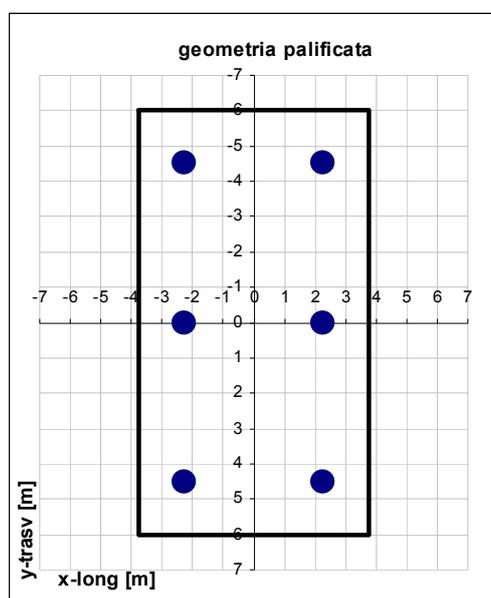
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 37 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### PILA 1 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLE-F6	386	88	15515	-3387	2857
SLE-F7	216	-102	15553	-5778	1590
SLE-F8	377	-101	15515	-5770	2796
SLE-QP1	206	1	16958	28	1513
SLE-QP2	340	1	16926	34	2517

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	-2.25	-4.50	20.25	5.06
2	-2.25	4.50	20.25	5.06
3	-2.25	0.00	0.00	5.06
4	2.25	-4.50	20.25	5.06
5	2.25	4.50	20.25	5.06
6	2.25	0.00	0.00	5.06



### Calcolo Azioni Sui Pali della Pila P01

PALO	SFORZO NORMALE N – P01								TAGLI		
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU-1	4069	5460	4764	3747	5138	4443	5460	3747	49	72	87
SLU-2	4168	5560	4864	3631	5024	4328	5560	3631	82	72	109
SLU-3	4644	4844	4744	4363	4563	4463	4844	4363	43	-70	82
SLU-4	4743	4944	4844	4248	4449	4348	4944	4248	75	-70	103
SLU-5	3635	5158	4396	3314	4837	4075	5158	3314	49	73	88
SLU-6	3734	5258	4496	3198	4722	3960	5258	3198	81	74	110
SLU-7	4210	4542	4376	3930	4261	4096	4542	3930	43	-69	81
SLU-8	4309	4642	4476	3815	4147	3981	4642	3815	75	-68	102
SLU-9	4080	5274	4677	3535	4729	4132	5274	3535	83	72	110
SLU-10	4179	5374	4776	3420	4615	4017	5374	3420	115	72	136
SLU-11	4655	4657	4656	4151	4153	4152	4657	4151	77	-70	104
SLU-12	4754	4757	4756	4036	4039	4038	4757	4036	109	-70	129
SLU-13	3755	5047	4401	3210	4502	3856	5047	3210	83	73	110
SLU-14	3854	5147	4500	3095	4388	3742	5147	3095	115	73	136
SLU-15	4330	4430	4380	3827	3927	3877	4430	3827	77	-69	103
SLU-16	4429	4530	4480	3711	3813	3762	4530	3711	109	-69	129
SLU-17	3968	5162	4565	3647	4840	4243	5162	3647	49	72	87
SLU-18	4067	5262	4665	3531	4726	4129	5262	3531	82	72	109

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 38 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N – P01 PALO									TAGLI		
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU-19	4544	4546	4545	4263	4265	4264	4546	4263	43	-70	82
SLU-20	4643	4646	4644	4148	4151	4149	4646	4148	75	-70	103
SLU-21	3643	4935	4289	3322	4614	3968	4935	3322	49	73	88
SLU-22	3742	5035	4389	3207	4500	3853	5035	3207	81	73	109
SLU-23	4219	4319	4269	3938	4038	3988	4319	3938	43	-69	81
SLU-24	4318	4419	4368	3823	3924	3874	4419	3823	75	-69	102
SLU-25	3777	5368	4572	3441	5032	4237	5368	3441	51	119	130
SLU-26	3876	5468	4672	3326	4918	4122	5468	3326	84	119	146
SLU-27	4736	4340	4538	4468	4073	4271	4736	4073	41	-117	124
SLU-28	4835	4440	4637	4353	3959	4156	4835	3959	73	-117	138
SLU-29	3451	5141	4296	3116	4806	3961	5141	3116	51	120	131
SLU-30	3550	5241	4396	3001	4692	3846	5241	3001	84	120	146
SLU-31	4410	4113	4262	4143	3847	3995	4410	3847	41	-116	123
SLU-32	4509	4214	4361	4028	3732	3880	4509	3732	73	-116	137
SLU-33	4027	5221	4624	3628	4822	4225	5221	3628	61	72	94
SLU-34	4192	5388	4790	3436	4632	4034	5388	3436	115	72	136
SLU-35	4602	4605	4603	4244	4247	4246	4605	4244	55	-70	89
SLU-36	4767	4771	4769	4052	4057	4054	4771	4052	109	-70	129
SLU-37	3702	4994	4348	3303	4596	3950	4994	3303	61	73	95
SLU-38	3867	5161	4514	3111	4406	3758	5161	3111	115	73	136
SLU-39	4277	4378	4327	3920	4020	3970	4378	3920	55	-69	88
SLU-40	4442	4545	4493	3728	3830	3779	4545	3728	108	-69	128
SLV-1	3359	3483	3421	2187	2312	2250	3483	2187	193	15	193
SLV-2	3427	3553	3490	2107	2233	2170	3553	2107	215	15	216
SLV-3	2974	3312	3143	2360	2697	2528	3312	2360	82	47	95
SLV-4	3043	3381	3212	2280	2618	2449	3381	2280	104	47	115
SLV-5	3049	3172	3110	2541	2664	2602	3172	2541	82	14	83
SLV-6	3118	3241	3180	2461	2584	2523	3241	2461	104	14	105
SLR-1	2980	3820	3400	2726	3566	3146	3820	2726	39	48	62
SLR-2	3063	3904	3483	2630	3471	3050	3904	2630	66	48	81
SLR-3	3364	3409	3387	3137	3183	3160	3409	3137	35	-47	58
SLR-4	3446	3493	3470	3041	3087	3064	3493	3041	62	-46	77
SLR-5	2775	2663	2719	2521	2409	2465	2775	2409	39	46	60
SLR-6	2858	2746	2802	2425	2314	2370	2858	2314	66	46	80
SLR-7	3159	2252	2705	2932	2025	2479	3159	2025	35	-49	60
SLR-8	3241	2335	2788	2836	1930	2383	3241	1930	62	-48	78
SLF-1	3108	3683	3396	2863	3438	3151	3683	2863	37	17	41
SLF-2	3190	3767	3479	2767	3343	3055	3767	2767	64	17	66
SLF-3	3236	3546	3391	3000	3310	3155	3546	3000	36	-15	39
SLF-4	3318	3630	3474	2904	3215	3060	3630	2904	63	-15	65
SLF-5	2903	2526	2715	2658	2281	2470	2903	2281	37	15	40
SLF-6	2986	2609	2797	2562	2186	2374	2986	2186	64	15	66
SLF-7	3031	2389	2710	2795	2153	2474	3031	2153	36	-17	40
SLF-8	3113	2472	2793	2699	2058	2379	3113	2058	63	-17	65
SLQP-1	2937	2940	2938	2713	2716	2714	2940	2713	34	0	34
SLQP-2	3006	3009	3007	2633	2636	2635	3009	2633	57	0	57

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 39 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### PILA 2 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU1	215	628	32694	18655	2695
SLU2	321	632	32687	18735	3987
SLU3	181	-578	32694	-1843	2273
SLU4	286	-573	32687	-1763	3565
SLU5	215	638	30246	19902	2691
SLU6	320	642	30239	19982	3983
SLU7	180	-568	30246	-596	2269
SLU8	286	-563	30238	-516	3561
SLU9	402	623	31288	16603	4985
SLU10	507	628	31280	16683	6277
SLU11	368	-582	31287	-3895	4563
SLU12	473	-578	31280	-3815	5855
SLU13	402	631	29451	17539	4982
SLU14	507	636	29444	17619	6274
SLU15	367	-574	29451	-2959	4560
SLU16	473	-570	29443	-2879	5852
SLU17	215	623	31288	16589	2693
SLU18	320	627	31280	16669	3985
SLU19	181	-583	31287	-3910	2271
SLU20	286	-578	31280	-3829	3562
SLU21	215	630	29451	17524	2690
SLU22	320	635	29444	17604	3981
SLU23	180	-575	29451	-2974	2267
SLU24	286	-571	29443	-2894	3559
SLU25	227	1024	31288	23421	2833
SLU26	332	1029	31280	23502	4125
SLU27	169	-985	31287	-10742	2130
SLU28	275	-980	31280	-10662	3422
SLU29	226	1032	29451	24357	2830
SLU30	332	1037	29444	24437	4122
SLU31	169	-977	29451	-9807	2127
SLU32	274	-973	29443	-9726	3419
SLU33	253	624	31308	16604	3157
SLU34	429	632	31295	16738	5310
SLU35	218	-581	31307	-3894	2735
SLU36	394	-574	31295	-3760	4888
SLU37	253	632	29471	17540	3154
SLU38	428	639	29459	17674	5307
SLU39	218	-574	29471	-2958	2731
SLU40	394	-566	29458	-2824	4884
SLV1	1280	162	20091	2596	13493
SLV2	1353	165	20085	2652	14390
SLV3	484	526	20094	7115	6154
SLV4	557	529	20089	7171	7051
SLV5	484	160	20170	2571	5299
SLV6	557	163	20165	2627	6196
SLE-C1	163	417	23187	11532	2035
SLE-C2	251	421	23180	11599	3111

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 40 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### PILA 2 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLE-C3	140	-387	23186	-2133	1753
SLE-C4	228	-383	23180	-2066	2830
SLE-C5	162	388	18294	1656	2026
SLE-C6	250	392	18288	1723	3102
SLE-C7	139	-415	18294	-12009	1744
SLE-C8	227	-412	18288	-11942	2821
SLE-F1	155	149	23186	6977	1941
SLE-F2	243	153	23180	7044	3017
SLE-F3	148	-119	23186	2422	1847
SLE-F4	235	-115	23180	2489	2924
SLE-F5	155	120	18294	-2899	1932
SLE-F6	242	124	18288	-2832	3009
SLE-F7	147	-148	18294	-7454	1838
SLE-F8	235	-144	18288	-7387	2915
SLE-QP1	143	3	20056	105	1792
SLE-QP2	216	6	20051	161	2689

### Calcolo Azioni Sui Pali della Pila P02

PALO	SFORZO NORMALE N – P02								TAGLI		
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU-1	4612	6685	5649	4213	6286	5249	6685	4213	36	105	111
SLU-2	4702	6784	5743	4112	6193	5152	6784	4112	53	105	118
SLU-3	5720	5515	5617	5383	5178	5281	5720	5178	30	-96	101
SLU-4	5810	5614	5712	5282	5086	5184	5810	5086	48	-96	107
SLU-5	4135	6346	5240	3736	5947	4842	6346	3736	36	106	112
SLU-6	4225	6445	5335	3635	5855	4745	6445	3635	53	107	120
SLU-7	5242	5176	5209	4906	4840	4873	5242	4840	30	-95	99
SLU-8	5332	5275	5303	4805	4747	4776	5332	4747	48	-94	105
SLU-9	4661	6506	5584	3923	5768	4845	6506	3923	67	104	124
SLU-10	4751	6605	5678	3822	5675	4748	6605	3822	85	105	135
SLU-11	5769	5336	5553	5093	4660	4877	5769	4660	61	-97	115
SLU-12	5859	5435	5647	4992	4568	4780	5859	4568	79	-96	124
SLU-13	4303	6252	5278	3565	5514	4540	6252	3565	67	105	125
SLU-14	4393	6351	5372	3464	5421	4443	6351	3464	85	106	136
SLU-15	5411	5082	5246	4735	4406	4571	5411	4406	61	-96	114
SLU-16	5501	5181	5341	4634	4314	4474	5501	4314	79	-95	123
SLU-17	4492	6336	5414	4094	5937	5015	6336	4094	36	104	110
SLU-18	4582	6435	5509	3992	5844	4918	6435	3992	53	105	117
SLU-19	5600	5166	5383	5264	4829	5046	5600	4829	30	-97	102
SLU-20	5690	5264	5477	5162	4737	4949	5690	4737	48	-96	108
SLU-21	4134	6081	5108	3736	5683	4709	6081	3736	36	105	111
SLU-22	4224	6180	5202	3634	5590	4612	6180	3634	53	106	118
SLU-23	5242	4911	5076	4906	4575	4741	5242	4575	30	-96	100
SLU-24	5332	5010	5171	4804	4483	4644	5332	4483	48	-95	106
SLU-25	4123	6726	5425	3704	6306	5005	6726	3704	38	171	175
SLU-26	4213	6825	5519	3602	6213	4908	6825	3602	55	171	180
SLU-27	5969	4775	5372	5654	4460	5057	5969	4460	28	-164	167
SLU-28	6059	4874	5467	5552	4367	4960	6059	4367	46	-163	170

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 41 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N – P02 PALO									TAGLI		
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU-29	3765	6471	5118	3346	6052	4699	6471	3346	38	172	176
SLU-30	3855	6570	5213	3244	5960	4602	6570	3244	55	173	181
SLU-31	5611	4521	5066	5296	4206	4751	5611	4206	28	-163	165
SLU-32	5701	4620	5160	5194	4114	4654	5701	4114	46	-162	168
SLU-33	4529	6374	5452	4062	5907	4984	6374	4062	42	104	112
SLU-34	4679	6539	5609	3893	5752	4823	6539	3893	71	105	127
SLU-35	5637	5204	5420	5232	4799	5015	5637	4799	36	-97	104
SLU-36	5787	5369	5578	5063	4645	4854	5787	4645	66	-96	116
SLU-37	4171	6120	5145	3704	5653	4678	6120	3704	42	105	113
SLU-38	4321	6285	5303	3535	5499	4517	6285	3535	71	107	128
SLU-39	5279	4950	5114	4874	4545	4710	5279	4545	36	-96	102
SLU-40	5428	5115	5272	4705	4391	4548	5428	4391	66	-94	115
SLV-1	4204	4492	4348	2205	2493	2349	4492	2205	213	27	215
SLV-2	4266	4561	4413	2134	2429	2282	4561	2134	226	27	227
SLV-3	3410	4200	3805	2498	3289	2893	4200	2498	81	88	119
SLV-4	3472	4269	3870	2428	3224	2826	4269	2428	93	88	128
SLV-5	3611	3897	3754	2826	3112	2969	3897	2826	81	27	85
SLV-6	3674	3966	3820	2756	3048	2902	3966	2756	93	27	97
SLR-1	3374	4656	4015	3073	4354	3714	4656	3073	27	69	75
SLR-2	3449	4738	4094	2989	4277	3633	4738	2989	42	70	82
SLR-3	4113	3876	3994	3853	3616	3735	4113	3616	23	-64	69
SLR-4	4188	3958	4073	3769	3539	3654	4188	3539	38	-64	74
SLR-5	3107	3291	3199	2807	2991	2899	3291	2807	27	65	70
SLR-6	3182	3374	3278	2722	2914	2818	3374	2722	42	65	77
SLR-7	3845	2511	3178	3587	2253	2920	3845	2253	23	-69	73
SLR-8	3920	2593	3257	3502	2176	2839	3920	2176	38	-69	78
SLF-1	3621	4396	4008	3333	4108	3721	4396	3333	26	25	36
SLF-2	3696	4478	4087	3249	4031	3640	4478	3249	41	25	48
SLF-3	3867	4136	4001	3593	3862	3728	4136	3593	25	-20	32
SLF-4	3942	4218	4080	3509	3785	3647	4218	3509	39	-19	44
SLF-5	3353	3031	3192	3067	2745	2906	3353	2745	26	20	33
SLF-6	3428	3114	3271	2982	2668	2825	3428	2668	40	21	45
SLF-7	3599	2771	3185	3327	2499	2913	3599	2499	24	-25	35
SLF-8	3674	2854	3264	3242	2422	2832	3674	2422	39	-24	46
SLQP-1	3470	3481	3475	3204	3216	3210	3481	3204	24	1	24
SLQP-2	3532	3550	3541	3134	3152	3143	3550	3134	36	1	36

### PILA 3 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU1	110	751	35390	22450	1435
SLU2	116	762	35387	22677	1513
SLU3	88	-680	35390	-3591	1142
SLU4	94	-669	35386	-3364	1220
SLU5	110	763	32743	23787	1430
SLU6	116	775	32740	24014	1509
SLU7	88	-667	32743	-2253	1137
SLU8	94	-656	32740	-2027	1216
SLU9	292	747	33857	20216	3886

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 42 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### PILA 3 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU10	298	758	33854	20443	3964
SLU11	270	-684	33857	-5825	3593
SLU12	276	-673	33854	-5598	3671
SLU13	292	756	31872	21219	3883
SLU14	298	767	31869	21446	3961
SLU15	270	-675	31872	-4822	3589
SLU16	276	-664	31869	-4595	3668
SLU17	110	745	33857	20192	1433
SLU18	116	756	33854	20419	1512
SLU19	88	-686	33857	-5849	1140
SLU20	94	-675	33854	-5622	1219
SLU21	110	755	31872	21194	1430
SLU22	115	766	31869	21421	1509
SLU23	88	-676	31872	-4846	1137
SLU24	94	-665	31869	-4619	1215
SLU25	117	1222	33858	28872	1531
SLU26	123	1233	33854	29099	1609
SLU27	81	-1163	33857	-14529	1042
SLU28	87	-1152	33853	-14303	1121
SLU29	117	1232	31873	29875	1528
SLU30	123	1243	31869	30102	1606
SLU31	81	-1153	31872	-13527	1039
SLU32	86	-1142	31868	-13300	1118
SLU33	112	749	33867	20202	1461
SLU34	122	768	33861	20580	1593
SLU35	90	-682	33866	-5839	1168
SLU36	100	-663	33860	-5460	1300
SLU37	112	759	31882	21205	1458
SLU38	121	777	31876	21583	1589
SLU39	90	-672	31881	-4836	1165
SLU40	100	-654	31875	-4458	1296
SLV1	1207	179	21710	3191	13729
SLV2	1212	187	21708	3349	13784
SLV3	409	574	21712	8573	5577
SLV4	413	581	21710	8730	5632
SLV5	408	179	21789	3182	4719
SLV6	412	187	21786	3340	4774
SLE-C1	74	500	25084	14010	971
SLE-C2	79	509	25082	14199	1036
SLE-C3	60	-454	25084	-3350	775
SLE-C4	65	-445	25081	-3161	841
SLE-C5	74	468	19743	3229	966
SLE-C6	79	477	19741	3418	1031
SLE-C7	59	-486	19743	-14132	770
SLE-C8	64	-477	19740	-13942	836
SLE-F1	70	182	25084	8223	905
SLE-F2	74	191	25081	8412	971
SLE-F3	65	-136	25084	2436	840
SLE-F4	70	-127	25081	2625	906
SLE-F5	69	150	19743	-2558	900

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 43 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### PILA 3 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLE-F6	74	159	19740	-2369	966
SLE-F7	64	-168	19743	-8345	835
SLE-F8	69	-159	19740	-8156	901
SLE-QP1	66	10	21677	308	863
SLE-QP2	70	18	21674	466	918

### Calcolo Azioni Sui Pali della Pila P03

PALO	SFORZO NORMALE N – P03								TAGLI		V
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	
SLU-1	4757	7252	6005	4545	7039	5792	7252	4545	18	125	126
SLU-2	4750	7270	6010	4526	7045	5786	7270	4526	19	127	128
SLU-3	6182	5783	5983	6013	5614	5814	6182	5614	15	-113	114
SLU-4	6175	5801	5988	5994	5620	5807	6175	5620	16	-112	113
SLU-5	4242	6885	5563	4030	6673	5351	6885	4030	18	127	129
SLU-6	4234	6903	5568	4011	6679	5345	6903	4011	19	129	131
SLU-7	5667	5416	5541	5498	5248	5373	5667	5248	15	-111	112
SLU-8	5659	5434	5547	5479	5254	5367	5659	5254	16	-109	111
SLU-9	4808	7054	5931	4232	6478	5355	7054	4232	49	124	134
SLU-10	4800	7072	5936	4213	6484	5349	7072	4213	50	126	136
SLU-11	6233	5585	5909	5700	5053	5377	6233	5053	45	-114	123
SLU-12	6225	5603	5914	5681	5059	5370	6225	5059	46	-112	121
SLU-13	4421	6778	5600	3846	6203	5024	6778	3846	49	126	135
SLU-14	4414	6796	5605	3827	6209	5018	6796	3827	50	128	137
SLU-15	5846	5310	5578	5314	4778	5046	5846	4778	45	-112	121
SLU-16	5838	5328	5583	5295	4784	5040	5838	4784	46	-111	120
SLU-17	4627	6871	5749	4415	6659	5537	6871	4415	18	124	126
SLU-18	4620	6889	5754	4396	6665	5530	6889	4396	19	126	128
SLU-19	6052	5402	5727	5883	5233	5558	6052	5233	15	-114	115
SLU-20	6045	5420	5733	5864	5240	5552	6045	5240	16	-112	114
SLU-21	4241	6595	5418	4029	6384	5206	6595	4029	18	126	127
SLU-22	4233	6613	5423	4010	6390	5200	6613	4010	19	128	129
SLU-23	5665	5127	5396	5497	4959	5228	5665	4959	15	-113	114
SLU-24	5658	5145	5401	5478	4965	5221	5658	4965	16	-111	112
SLU-25	4152	7360	5756	3926	7134	5530	7360	3926	20	204	205
SLU-26	4145	7378	5762	3907	7140	5523	7378	3907	20	206	207
SLU-27	6527	4913	5720	6373	4758	5566	6527	4758	13	-194	194
SLU-28	6520	4931	5725	6354	4765	5559	6520	4765	14	-192	192
SLU-29	3766	7085	5425	3539	6859	5199	7085	3539	19	205	206
SLU-30	3758	7103	5431	3520	6865	5193	7103	3520	20	207	208
SLU-31	6140	4637	5389	5986	4484	5235	6140	4484	13	-192	193
SLU-32	6133	4655	5394	5967	4490	5229	6133	4490	14	-190	191
SLU-33	4630	6875	5753	4414	6659	5536	6875	4414	19	125	126
SLU-34	4618	6905	5761	4382	6669	5526	6905	4382	20	128	130
SLU-35	6055	5407	5731	5882	5233	5558	6055	5233	15	-114	115
SLU-36	6043	5436	5740	5851	5244	5547	6043	5244	17	-111	112
SLU-37	4244	6600	5422	4028	6384	5206	6600	4028	19	126	128
SLU-38	4231	6629	5430	3996	6394	5195	6629	3996	20	130	131
SLU-39	5669	5131	5400	5496	4959	5227	5669	4959	15	-112	113
SLU-40	5656	5161	5409	5464	4969	5217	5656	4969	17	-109	110

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 44 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N – P03 PALO									TAGLI		
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	V
SLV-1	4458	4813	4635	2424	2779	2601	4813	2424	201	30	203
SLV-2	4453	4825	4639	2411	2783	2597	4825	2411	202	31	204
SLV-3	3556	4508	4032	2729	3682	3206	4508	2729	68	96	117
SLV-4	3550	4520	4035	2716	3686	3201	4520	2716	69	97	119
SLV-5	3804	4158	3981	3105	3459	3282	4158	3105	68	30	74
SLV-6	3799	4170	3985	3092	3463	3277	4170	3092	69	31	75
SLR-1	3474	5031	4253	3331	4887	4109	5031	3331	12	83	84
SLR-2	3468	5046	4257	3315	4892	4104	5046	3315	13	85	86
SLR-3	4424	4052	4238	4309	3937	4123	4424	3937	10	-76	76
SLR-4	4418	4067	4242	4294	3942	4118	4418	3942	11	-74	75
SLR-5	3183	3541	3362	3040	3398	3219	3541	3040	12	78	79
SLR-6	3177	3556	3366	3024	3404	3214	3556	3024	13	80	81
SLR-7	4133	2562	3348	4019	2448	3233	4133	2448	10	-81	82
SLR-8	4127	2577	3352	4003	2454	3228	4127	2454	11	-79	80
SLF-1	3791	4705	4248	3657	4570	4114	4705	3657	12	30	32
SLF-2	3785	4720	4252	3641	4576	4108	4720	3641	12	32	34
SLF-3	4108	4378	4243	3983	4254	4118	4378	3983	11	-23	25
SLF-4	4101	4393	4247	3967	4259	4113	4393	3967	12	-21	24
SLF-5	3499	3215	3357	3366	3082	3224	3499	3082	12	25	28
SLF-6	3493	3230	3362	3350	3087	3219	3493	3087	12	27	29
SLF-7	3816	2889	3352	3692	2765	3229	3816	2765	11	-28	30
SLF-8	3810	2904	3357	3676	2770	3223	3810	2770	12	-26	29
SLQP-1	3660	3694	3677	3532	3566	3549	3694	3532	11	2	11
SLQP-2	3654	3706	3680	3518	3570	3544	3706	3518	12	3	12

#### PILA 4 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU1	197	745	35231	23037	2607
SLU2	287	760	35225	23231	3824
SLU3	185	-670	35228	-2724	2448
SLU4	276	-655	35221	-2531	3664
SLU5	197	759	32547	24434	2606
SLU6	287	774	32540	24628	3822
SLU7	185	-655	32543	-1327	2446
SLU8	275	-641	32537	-1134	3663
SLU9	379	740	33703	20771	5062
SLU10	470	755	33697	20964	6278
SLU11	368	-675	33700	-4991	4902
SLU12	458	-660	33694	-4798	6118
SLU13	379	751	31690	21818	5061
SLU14	470	766	31684	22012	6277
SLU15	367	-664	31687	-3943	4901
SLU16	458	-649	31680	-3750	6117
SLU17	197	740	33703	20769	2607
SLU18	287	755	33697	20963	3823
SLU19	185	-675	33700	-4992	2447
SLU20	276	-660	33694	-4799	3663
SLU21	197	751	31690	21817	2606

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 45 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

#### PILA 4 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU22	287	766	31684	22010	3822
SLU23	185	-664	31687	-3945	2446
SLU24	275	-649	31680	-3751	3662
SLU25	201	1212	33705	29357	2660
SLU26	291	1226	33698	29550	3876
SLU27	181	-1146	33699	-13580	2394
SLU28	272	-1132	33693	-13386	3610
SLU29	201	1222	31691	30404	2659
SLU30	291	1237	31685	30598	3875
SLU31	181	-1135	31686	-12532	2393
SLU32	271	-1121	31679	-12339	3609
SLU33	229	746	33720	20825	3043
SLU34	380	770	33710	21147	5070
SLU35	218	-669	33717	-4937	2884
SLU36	368	-645	33706	-4614	4911
SLU37	229	756	31707	21873	3042
SLU38	380	781	31697	22195	5069
SLU39	218	-658	31704	-3889	2883
SLU40	368	-634	31693	-3567	4910
SLV1	1275	185	21611	3743	14662
SLV2	1338	195	21606	3877	15507
SLV3	480	579	21612	9109	6535
SLV4	542	589	21608	9243	7379
SLV5	478	184	21694	3715	5668
SLV6	541	194	21689	3849	6512
SLE-C1	148	497	24974	14477	1963
SLE-C2	223	510	24969	14638	2976
SLE-C3	140	-446	24972	-2697	1856
SLE-C4	215	-433	24967	-2536	2870
SLE-C5	148	468	19676	3621	1960
SLE-C6	223	480	19671	3782	2974
SLE-C7	140	-475	19674	-13554	1854
SLE-C8	215	-463	19669	-13393	2867
SLE-F1	145	183	24974	8752	1927
SLE-F2	221	195	24968	8913	2941
SLE-F3	143	-131	24973	3027	1892
SLE-F4	218	-119	24968	3189	2905
SLE-F5	145	154	19676	-2104	1925
SLE-F6	221	166	19670	-1943	2938
SLE-F7	143	-161	19675	-7829	1889
SLE-F8	218	-148	19670	-7668	2903
SLE-QP1	137	14	21575	838	1817
SLE-QP2	200	24	21571	972	2662

#### Calcolo Azioni Sui Pali della Pila P04

PALO	SFORZO NORMALE N – P04								TAGLI		
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU-1	4785	7345	6065	4399	6959	5679	7345	4399	33	124	128
SLU-2	4863	7445	6154	4297	6878	5588	7445	4297	48	127	135

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 46 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N – P04 PALO									TAGLI		V
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	
SLU-3	6204	5901	6053	5841	5539	5690	6204	5539	31	-112	116
SLU-4	6282	6001	6142	5739	5458	5599	6282	5458	46	-109	118
SLU-5	4260	6975	5617	3874	6589	5231	6975	3874	33	127	131
SLU-6	4338	7075	5707	3772	6508	5140	7075	3772	48	129	138
SLU-7	5679	5531	5605	5316	5169	5243	5679	5169	31	-109	114
SLU-8	5757	5631	5694	5215	5089	5152	5757	5089	46	-107	116
SLU-9	4838	7146	5992	4088	6396	5242	7146	4088	63	123	139
SLU-10	4917	7246	6081	3986	6316	5151	7246	3986	78	126	148
SLU-11	6257	5703	5980	5531	4976	5254	6257	4976	61	-112	128
SLU-12	6335	5802	6069	5429	4896	5162	6335	4896	76	-110	134
SLU-13	4444	6869	5657	3695	6119	4907	6869	3695	63	125	140
SLU-14	4523	6968	5746	3593	6039	4816	6968	3593	78	128	150
SLU-15	5863	5425	5644	5137	4699	4918	5863	4699	61	-111	126
SLU-16	5942	5525	5733	5035	4619	4827	5942	4619	76	-108	132
SLU-17	4656	6964	5810	4270	6578	5424	6964	4270	33	123	128
SLU-18	4735	7064	5899	4168	6498	5333	7064	4168	48	126	135
SLU-19	6075	5521	5798	5713	5158	5435	6075	5158	31	-112	117
SLU-20	6154	5620	5887	5611	5078	5344	6154	5078	46	-110	119
SLU-21	4263	6687	5475	3877	6301	5089	6687	3877	33	125	129
SLU-22	4341	6787	5564	3775	6220	4998	6787	3775	48	128	136
SLU-23	5681	5243	5462	5319	4881	5100	5681	4881	31	-111	115
SLU-24	5760	5343	5551	5217	4800	5009	5760	4800	46	-108	118
SLU-25	4184	7445	5814	3789	7051	5420	7445	3789	33	202	205
SLU-26	4262	7545	5903	3688	6971	5329	7545	3688	49	204	210
SLU-27	6548	5039	5794	6194	4685	5439	6548	4685	30	-191	193
SLU-28	6627	5139	5883	6092	4604	5348	6627	4604	45	-189	194
SLU-29	3790	7168	5479	3396	6774	5085	7168	3396	33	204	206
SLU-30	3868	7268	5568	3294	6694	4994	7268	3294	49	206	212
SLU-31	6154	4762	5458	5800	4407	5104	6154	4407	30	-189	192
SLU-32	6233	4862	5547	5698	4327	5013	6233	4327	45	-187	192
SLU-33	4689	7002	5846	4238	6552	5395	7002	4238	38	124	130
SLU-34	4819	7169	5994	4068	6418	5243	7169	4068	63	128	143
SLU-35	6107	5559	5833	5680	5132	5406	6107	5132	36	-112	117
SLU-36	6238	5725	5981	5510	4998	5254	6238	4998	61	-107	124
SLU-37	4295	6725	5510	3844	6274	5059	6725	3844	38	126	132
SLU-38	4425	6891	5658	3674	6140	4907	6891	3674	63	130	145
SLU-39	5714	5281	5498	5286	4854	5070	5714	4854	36	-110	116
SLU-40	5844	5448	5646	5117	4720	4919	5844	4720	61	-106	122
SLV-1	4480	4896	4688	2308	2724	2516	4896	2308	213	31	215
SLV-2	4534	4965	4750	2237	2668	2452	4965	2237	223	33	225
SLV-3	3580	4592	4086	2612	3624	3118	4592	2612	80	97	125
SLV-4	3634	4661	4148	2541	3568	3055	4661	2541	90	98	133
SLV-5	3829	4242	4035	2989	3402	3196	4242	2989	80	31	85
SLV-6	3883	4311	4097	2919	3346	3133	4311	2919	90	32	96
SLR-1	3503	5112	4308	3213	4821	4017	5112	3213	25	83	87
SLR-2	3569	5195	4382	3128	4754	3941	5195	3128	37	85	93
SLR-3	4449	4150	4300	4174	3875	4025	4449	3875	23	-74	78
SLR-4	4515	4233	4374	4089	3808	3949	4515	3808	36	-72	81
SLR-5	3223	3626	3425	2933	3335	3134	3626	2933	25	78	82
SLR-6	3289	3709	3499	2848	3268	3058	3709	2848	37	80	88

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 47 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N – P04							TAGLI				
PALO	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	V
SLR-7	4169	2663	3416	3895	2389	3142	4169	2389	23	-79	83
SLR-8	4235	2746	3491	3810	2322	3066	4235	2322	36	-77	85
SLF-1	3819	4791	4305	3533	4506	4020	4791	3533	24	31	39
SLF-2	3884	4874	4379	3448	4439	3944	4874	3448	37	33	49
SLF-3	4134	4470	4302	3854	4190	4022	4470	3854	24	-22	32
SLF-4	4199	4554	4376	3769	4123	3946	4554	3769	36	-20	41
SLF-5	3539	3305	3422	3254	3020	3137	3539	3020	24	26	35
SLF-6	3604	3388	3496	3169	2953	3061	3604	2953	37	28	46
SLF-7	3854	2984	3419	3574	2704	3139	3854	2704	24	-27	36
SLF-8	3919	3067	3493	3489	2637	3063	3919	2637	36	-25	44
SLQP-1	3684	3777	3730	3415	3508	3461	3777	3415	23	2	23
SLQP-2	3738	3846	3792	3344	3452	3398	3846	3344	33	4	34

#### PILA 5 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU1	323	572	36077	14357	4688
SLU2	504	584	36038	14609	7337
SLU3	260	-518	36065	-6350	3774
SLU4	441	-506	36026	-6099	6423
SLU5	323	608	33632	21525	4697
SLU6	504	620	33594	21777	7346
SLU7	261	-482	33620	818	3783
SLU8	442	-470	33582	1069	6433
SLU9	499	574	34562	13789	7267
SLU10	680	586	34523	14040	9917
SLU11	436	-516	34550	-6919	6353
SLU12	617	-504	34511	-6667	9003
SLU13	499	601	32728	19165	7274
SLU14	680	613	32690	19416	9924
SLU15	437	-489	32716	-1543	6361
SLU16	618	-477	32678	-1291	9010
SLU17	323	570	34562	13703	4685
SLU18	503	582	34523	13955	7334
SLU19	260	-520	34550	-7004	3771
SLU20	441	-509	34511	-6752	6421
SLU21	323	597	32728	19079	4692
SLU22	504	609	32690	19331	7342
SLU23	261	-493	32716	-1628	3778
SLU24	442	-481	32678	-1376	6428
SLU25	343	933	34566	20606	4990
SLU26	524	945	34527	20858	7639
SLU27	240	-884	34546	-13907	3467
SLU28	420	-872	34507	-13655	6116
SLU29	344	960	32732	25982	4997
SLU30	525	972	32694	26234	7646
SLU31	240	-856	32712	-8531	3474
SLU32	421	-845	32674	-8279	6123
SLU33	388	574	34664	13726	5637

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 48 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### PILA 5 - Sollecitazione sulla palificata

comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU34	689	594	34600	14146	10052
SLU35	325	-516	34652	-6981	4723
SLU36	626	-496	34588	-6562	9139
SLU37	388	601	32831	19102	5644
SLU38	689	621	32767	19522	10059
SLU39	326	-489	32819	-1605	4730
SLU40	627	-469	32755	-1186	9146
SLV1	1345	195	22305	4275	16979
SLV2	1470	203	22279	4450	18818
SLV3	561	582	22310	9819	8212
SLV4	686	590	22283	9994	10052
SLV5	553	185	22403	4081	7270
SLV6	679	193	22376	4256	9110
SLE-C1	249	383	25655	9401	3614
SLE-C2	399	393	25623	9611	5822
SLE-C3	207	-344	25647	-4404	3005
SLE-C4	358	-334	25615	-4194	5213
SLE-C5	247	353	20280	2513	3598
SLE-C6	398	363	20248	2723	5806
SLE-C7	206	-374	20272	-11292	2988
SLE-C8	357	-364	20240	-11082	5196
SLE-F1	235	141	25652	4799	3411
SLE-F2	385	150	25620	5009	5619
SLE-F3	221	-102	25649	198	3208
SLE-F4	371	-92	25617	407	5416
SLE-F5	234	111	20277	-2088	3395
SLE-F6	384	120	20245	-1879	5603
SLE-F7	220	-132	20275	-6690	3192
SLE-F8	370	-122	20243	-6480	5399
SLE-QP1	214	14	22263	1041	3106
SLE-QP2	339	22	22236	1216	4946

### Calcolo Azioni Sui Pali della Pila P05

PALO	SFORZO NORMALE N - P05						TAGLI			V	
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx		taglio Vy
SLU-1	5562	7158	6360	4868	6463	5666	7158	4868	54	95	109
SLU-2	5738	7361	6550	4651	6274	5463	7361	4651	84	97	128
SLU-3	6643	5938	6290	6084	5378	5731	6643	5378	43	-86	97
SLU-4	6819	6141	6480	5867	5190	5529	6819	5190	74	-84	112
SLU-5	4757	7149	5953	4062	6453	5257	7149	4062	54	101	115
SLU-6	4933	7353	6143	3845	6265	5055	7353	3845	84	103	133
SLU-7	5838	5929	5884	5278	5369	5323	5929	5278	44	-80	91
SLU-8	6014	6133	6073	5061	5180	5120	6133	5061	74	-78	108
SLU-9	5533	7065	6299	4456	5988	5222	7065	4456	83	96	127
SLU-10	5708	7268	6488	4239	5799	5019	7268	4239	113	98	150
SLU-11	6613	5845	6229	5672	4903	5288	6613	4903	73	-86	113
SLU-12	6789	6048	6419	5455	4715	5085	6789	4715	103	-84	133
SLU-13	4929	7058	5994	3851	5981	4916	7058	3851	83	100	130
SLU-14	5105	7262	6183	3635	5792	4713	7262	3635	113	102	153

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 49 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SFORZO NORMALE N - P05 PALO									TAGLI		V
	1	2	3	4	5	6	max	min	taglio Vx	taglio Vy	
SLU-15	6010	5838	5924	5067	4896	4982	6010	4896	73	-81	109
SLU-16	6185	6042	6114	4851	4707	4779	6185	4707	103	-79	130
SLU-17	5346	6869	6107	4652	6175	5413	6869	4652	54	95	109
SLU-18	5522	7072	6297	4435	5986	5211	7072	4435	84	97	128
SLU-19	6427	5649	6038	5868	5090	5479	6427	5090	43	-87	97
SLU-20	6603	5852	6228	5651	4901	5276	6603	4901	74	-85	112
SLU-21	4742	6862	5802	4047	6167	5107	6862	4047	54	100	113
SLU-22	4918	7066	5992	3831	5978	4904	7066	3831	84	101	132
SLU-23	5823	5642	5733	5263	5082	5173	5823	5082	43	-82	93
SLU-24	5999	5846	5922	5047	4894	4970	5999	4894	74	-80	109
SLU-25	4986	7275	6131	4247	6536	5391	7275	4247	57	156	166
SLU-26	5162	7479	6320	4030	6347	5189	7479	4030	87	157	180
SLU-27	6787	5242	6014	6273	4728	5501	6787	4728	40	-147	153
SLU-28	6963	5446	6204	6057	4540	5298	6963	4540	70	-145	161
SLU-29	4382	7269	5825	3642	6529	5085	7269	3642	57	160	170
SLU-30	4558	7473	6015	3425	6340	4883	7473	3425	87	162	184
SLU-31	6183	5235	5709	5669	4721	5195	6183	4721	40	-143	148
SLU-32	6359	5439	5899	5452	4532	4992	6359	4532	70	-141	157
SLU-33	5432	6957	6195	4597	6122	5360	6957	4597	65	96	115
SLU-34	5725	7297	6511	4236	5808	5022	7297	4236	115	99	152
SLU-35	6513	5737	6125	5813	5038	5426	6513	5038	54	-86	102
SLU-36	6806	6077	6442	5452	4723	5088	6806	4723	104	-83	133
SLU-37	4829	6951	5890	3992	6115	5054	6951	3992	65	100	119
SLU-38	5122	7291	6206	3631	5800	4716	7291	3631	115	103	155
SLU-39	5909	5731	5820	5209	5030	5119	5909	5030	54	-81	98
SLU-40	6202	6071	6137	4848	4716	4782	6202	4716	104	-78	131
SLV-1	4738	5213	4975	2222	2697	2460	5213	2222	224	32	226
SLV-2	4860	5354	5107	2072	2566	2319	5354	2072	245	34	247
SLV-3	3781	4872	4327	2564	3655	3110	4872	2564	93	97	135
SLV-4	3903	5014	4458	2414	3524	2969	5014	2414	114	98	151
SLV-5	4046	4499	4272	2969	3422	3195	4499	2969	92	31	97
SLV-6	4168	4641	4404	2818	3291	3055	4641	2818	113	32	118
SLR-1	4021	5066	4543	3486	4530	4008	5066	3486	41	64	76
SLR-2	4168	5236	4702	3305	4373	3839	5236	3305	67	65	93
SLR-3	4742	4252	4497	4297	3807	4052	4742	3807	35	-57	67
SLR-4	4888	4422	4655	4116	3650	3883	4888	3650	60	-56	82
SLR-5	3507	3786	3646	2974	3253	3113	3786	2974	41	59	72
SLR-6	3653	3956	3805	2793	3096	2945	3956	2793	66	60	90
SLR-7	4227	2973	3600	3785	2530	3157	4227	2530	34	-62	71
SLR-8	4374	3143	3758	3604	2373	2988	4374	2373	59	-61	85
SLF-1	4261	4795	4528	3756	4289	4023	4795	3756	39	23	46
SLF-2	4408	4965	4686	3576	4132	3854	4965	3576	64	25	69
SLF-3	4502	4524	4513	4026	4048	4037	4524	4026	37	-17	41
SLF-4	4648	4693	4671	3846	3891	3868	4693	3846	62	-15	64
SLF-5	3747	3515	3631	3244	3012	3128	3747	3012	39	18	43
SLF-6	3894	3685	3789	3064	2855	2959	3894	2855	64	20	67
SLF-7	3987	3244	3615	3514	2771	3143	3987	2771	37	-22	43
SLF-8	4134	3414	3774	3334	2614	2974	4134	2614	62	-20	65
SLQP-1	3883	3998	3941	3423	3538	3480	3998	3423	36	2	36
SLQP-2	4005	4140	4072	3272	3407	3340	4140	3272	57	4	57

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 50 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

#### STATICA-SLU

	<b>Nmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Nmedio</b>	<b>Vmax</b>
P01	5560	3001	4604	146
P02	6825	3244	5449	181
P03	7378	3520	5898	208
P04	7545	3294	5872	212
P05	7479	3425	6013	184
<b>max/min</b>	<b>7545</b>	<b>3520</b>	<b>6013</b>	<b>212</b>

#### SISMICA-SLV

	<b>Nmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Nmedio</b>	<b>Vmax</b>
P01	3553	2107	2856	216
P02	4561	2134	3362	227
P03	4825	2411	3631	204
P04	4965	2237	3616	225
P05	5354	2072	3734	247
<b>max/min</b>	<b>5354</b>	<b>2411</b>	<b>3734</b>	<b>247</b>

#### SLE\_Caratteristica

	<b>Nmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Vmax</b>
P01	3904	1930	81
P02	4738	2176	82
P03	5046	2448	86
P04	5195	2322	93
P05	5236	2373	93
<b>max/min</b>	<b>5236</b>	<b>1930</b>	<b>93</b>

#### SLE\_Frequente

	<b>Nmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Vmax</b>
P01	3767	2058	66
P02	4478	2422	48
P03	4720	2765	34
P04	4874	2637	49
P05	4965	2614	69
<b>max/min</b>	<b>4965</b>	<b>2058</b>	<b>69</b>

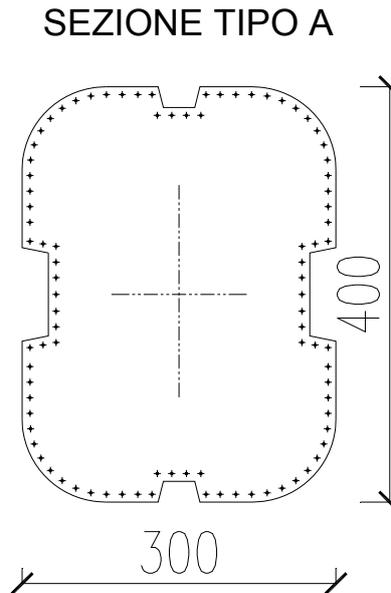
#### SLE\_Quasi Permanente

	<b>Nmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Vmax</b>
P01	3009	2633	57
P02	3550	3134	36
P03	3706	3518	12
P04	3846	3344	34
P05	4140	3272	57
<b>max/min</b>	<b>4140</b>	<b>2633</b>	<b>57</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>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 51 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## 4 VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE

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



**Figura 9: Tipologia delle pile della carreggiata di sinistra**

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

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

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

dove

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

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

$\alpha$  è posto uguale a 1 cautelativamente.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 52 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

PILA	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	FS	check
P01	11225	910	12138	44586	33097	0.39	ok
P02	14330	2240	17772	49459	36389	0.53	ok
P03	15952	2881	16813	51934	38509	0.49	ok
P04	15851	3389	18852	51781	38397	0.56	ok
P05	16523	3942	22494	52795	39138	0.65	ok

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

PILA	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	FS	check
P01	16955	13409	4959	53502	39655	0.38	ok
P02	21674	21846	4951	60223	44589	0.47	ok
P03	24099	26995	1913	63525	47007	0.47	ok
P04	23915	27505	4603	63278	46826	0.53	ok
P05	24924	23803	8958	64626	47810	0.56	ok

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

PILA	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]	FS	check
P01	11225	910	12138	44586	33097	0.39	ok
P02	14330	2240	17772	49459	36689	0.53	ok
P03	15952	2881	16813	51934	38509	0.49	ok
P04	15851	3389	18852	51781	38397	0.56	ok
P05	16523	3942	22494	52795	39138	0.65	ok

Ancora, si riporta, a titolo esemplificativo, l'output di VECASLU per la pila P05 nella condizione di minimo sforzo assiale:

The screenshot shows the VECASLU software interface for the design of pile P05. The main window displays the following data:

- Titolo:** Verifica C.A. S.L.U. - File: C01\_Nmin-MRdx
- N° Vertici:** 4
- N° barre:** 90
- Materiali:** B450C (steel) and C28/35 (concrete).
- Sollecitazioni:**  $N_{Ed} = 16523$  kN,  $M_{Edx} = 0$  kNm,  $M_{Edy} = 0$  kNm.
- Material Properties:**
  - Steel (B450C):  $\sigma_{su} = 67.5$  %,  $f_{yd} = 391.3$  N/mm<sup>2</sup>,  $E_s = 200000$  N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{s,adm} = 255$  N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{c1} = 1.971$ .
  - Concrete (C28/35):  $\sigma_{c2} = 2$  %,  $\sigma_{cu} = 3.5$  %,  $f_{cd} = 15.87$  N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{c,adm} = 11$  N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{co} = 0.6667$ .
- Design Parameters:**
  - $M_{Rdx} = 52795$  kNm
  - $\sigma_c = -15.87$  N/mm<sup>2</sup>
  - $\sigma_s = 391.3$  N/mm<sup>2</sup>
  - $\epsilon_c = 3.5$  ‰
  - $\epsilon_s = 19.67$  ‰
  - $d = 393.1$  cm
  - $x = 59.38$  cm,  $x/d = 0.1511$
  - $\delta = 0.7$
- Calculation Method:** S.L.U. + Metodo n
- Typo flessione:** Retta
- Other parameters:**  $N^*$  rett. 100,  $L_0 = 0$  cm, Col. modello.

Figura 10: Momento resistente  $M_{Rdx}$  in condizione di  $N_{min}$

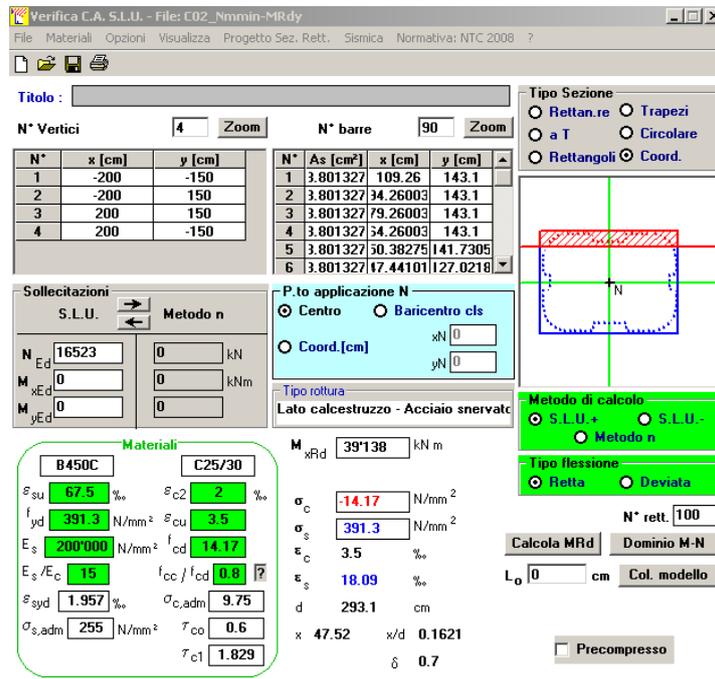


Figura 11: Momento resistente  $M_{Ry,d}$  in condizioni di  $N_{min}$

## 4.2 S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO

Le verifiche alle tensioni tangenziali vengono effettuate nelle due combinazioni che massimizzano rispettivamente il taglio longitudinale ed il taglio trasversale, con i valori di sforzo assiale associati a tali combinazioni. Inoltre, per le lo sforzo normale minimo si effettua la verifica a taglio nelle due direzioni principali. Per le verifiche di taglio si fa riferimento a quanto prescritto nel paragrafo 4.1.2.1.3 delle norme tecniche per le costruzioni. A vantaggio di statica, per il calcolo del taglio resistente, ci si riferisce ad una sezione rettangolare ideale di calcestruzzo iscritta all'interno della sezione reale della pila (Figura 12). La verifica a taglio viene eseguita nella sezione più sfavorevole, che risulta essere quella all'estradosso del plinto di fondazione. Essendo le pile di uguale sezione trasversale e con la medesima armatura longitudinale si conduce la verifica in relazione alle massime sollecitazioni taglianti fra tutte le pile. La verifica condotta è riportata nel foglio di calcolo seguente, dal quale si evince che il taglio resistente del solo calcestruzzo risulta essere maggiore della sollecitazione di progetto e non risulterebbe quindi necessario disporre armatura a taglio.

Sezione Fusto Pila

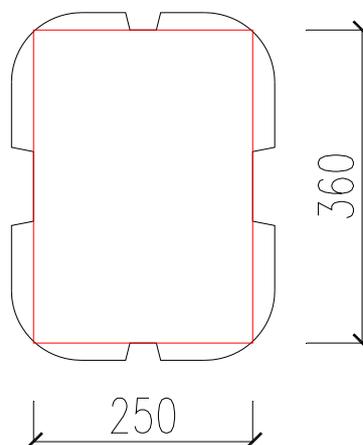


Figura 12: Area resistentete a taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 54 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

PILA	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Edx}$ [kNm]	$V_{Edy}$ [kNm]
<b>P01</b>	11225	1291	88
<b>P02</b>	14330	1353	165
<b>P03</b>	15952	1212	187
<b>P04</b>	15851	1338	195
<b>P05</b>	16523	1470	203

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

PILA	$V_{Edx}$ [kNm]	$V_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]
<b>P01</b>	1291	88	11225
<b>P02</b>	1353	165	14330
<b>P03</b>	1212	187	15952
<b>P04</b>	1338	195	15851
<b>P05</b>	1470	203	16523

**Caso di Sollecitazione  $F_{y,max}$** 

PILA	$V_{Edy}$ [kNm]	$V_{Edx}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]
<b>P01</b>	722	501	16955
<b>P02</b>	1037	332	21674
<b>P03</b>	1243	123	24099
<b>P04</b>	1237	291	23915
<b>P05</b>	972	525	24924

sezione di verifica	taglio longitudinale $V_x$	taglio longitudinale $V_x$	taglio trasversale $V_y$	taglio trasversale $V_y$		
corrispondente a	$N_{min}$	$F_{xmax}$	$N_{min}$	$F_{ymax}$		
<b>Sollecitazioni</b>						
V	= 1291	1470	88	1243	kN	taglio
N	= 11225	16523	11225	24099	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>						
B	= 3600	3600	2500	2500	mm	larghezza sezione
H	= 2500	2500	3600	3600	mm	altezza sezione
c	= 80	80	80	80	mm	copriferro
d	= 2420	2420	3520	3520	mm	altezza utile
<b>Materiali</b>						
$R_{ck}$	= 35.0	35.0	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 29.1	29.1	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$g_c$	= 1.5	1.5	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$a_{cc}$	= 0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 16.5	16.5	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$g_s$	= 1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	= 450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	= 391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>						
$A_{sl}$	= 40674.0	40674.0	40674.0	40674.0	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 55 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$r_l$	=	0.00452	0.00452	0.00452	0.00452	rapporto geometrico di armatura longitudinale
$k$	=	1.3	1.3	1.2	1.2	
$v_{min}$	=	0.3	0.3	0.3	0.3	
$s_{cp}$	=	1.2	1.8	1.2	2.7	MPa tensione media calcestruzzo
$s_{cp,ad}$	=	1.2	1.8	1.2	2.7	MPa tensione media di compressione adottata ( $\leq 0.2f_{cd}$ )
$V_{Rd}$	=	4805.1	5574.4	4731.3	6619.5	kN taglio resistente
FS	=	3.7	3.8	54.0	5.3	
check	=	OK	OK	OK	OK	

### 4.3 S.L.E. – FESSURAZIONE

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

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

- **condizioni ambientali aggressive;**
- **armature poco sensibili.**

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

Le azioni prese in considerazione sono le seguenti:

SLE_Frequente			SLE_Quasi Permanente		
<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{min}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{min}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
9759	5518	3739	11170	31	3368
<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{max}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{max}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
19896	4448	3998	16507	1007	3640
<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{x,max}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{x,max}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
19213	8425	3493	16481	1161	5794
<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{y,max}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{y,max}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
19864	4633	6582	16481	1161	5794

	comb. FREQUENTE	comb. QUASI PERM.
<b>Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>		
$\sigma_s$	$w_2=0.30$ mm	$w_1=0.20$ mm
[MPa]	$\emptyset$	$\emptyset$
160	32	25
200	25	16
240	16	12
280	12	8
320	10	6
360	8	-

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 56 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

$\sigma_s$ [MPa]	w2=0.30 mm $\emptyset$	w1=0.20 mm $\emptyset$
160	300	200
200	250	150
240	200	100
280	150	50
320	100	-
360	50	-

Frequente	comb_N <sub>min</sub>	comb_M <sub>X,max</sub>	comb_M <sub>Y,max</sub>	
$\sigma_{s,max}$	= 204	204	204	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= <b>4.70</b>	-	-	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	= 43.53	tutta compressa	tutta compressa	se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok	

Quasi Permanente	comb_N <sub>min</sub>	comb_M <sub>X,max</sub>	comb_M <sub>Y,max</sub>	
$\sigma_{s,max}$	= 164	164	164	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= -	-	-	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	= tutta compressa	tutta compressa	tutta compressa	se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok	

Si riporta, a titolo esemplificativo, l'output di Vcaslu nel caso della combinazione frequente Nmim:

The screenshot shows the Vcaslu software interface with the following data:

- Titolo:** [Empty]
- N° Vertici:** 4
- N° barre:** 90
- Materiali:** B450C, C28/35
- Proprietà Materiali:**
  - $\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰
  - $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰
  - $f_{yd}$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>
  - $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰
  - $E_s$ : 200'000 N/mm<sup>2</sup>
  - $f_{cd}$ : 15.87
  - $E_s/E_c$ : 15
  - $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8
  - $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰
  - $\sigma_{c,adm}$ : 11
  - $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>
  - $\tau_{co}$ : 0.6667
  - $\tau_{c1}$ : 1.971
- Stress Results:**
  - $\sigma_c$ : -2.062 N/mm<sup>2</sup>
  - $\sigma_s$ : 4.697 N/mm<sup>2</sup>
  - $\epsilon_s$ : 0.02349 ‰
  - $d$ : 445.8 cm
  - $x$ : 387
  - $x/d$ : 0.8681
  - $\delta$ : 1
- Verifica:** N° iterazioni: 3
- Precompresso:** [Checked]

Figura 13: Tensioni allo SLE combinazione frequente per N<sub>min</sub>

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 57 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

SLE_Caratteristica			SLE_Quasi Permanente		
<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{min}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{min}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
<b>9759</b>	7428	3658	<b>11170</b>	31	3368
<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{max}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>N_{max}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
<b>19899</b>	8444	4236	<b>16507</b>	1007	3640
<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{x,max}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{x,max}</math></b>		
$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Edy}$ [kNm]
19213	<b>13364</b>	3535	16481	<b>1161</b>	5794
<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{y,max}</math></b>			<b>Caso di Sollecitazione <math>M_{y,max}</math></b>		
19867	8629	<b>6820</b>	16481	1161	<b>5794</b>

#### Materiali

$R_{ck}$  = **35** MPa resistenza caratteristica cubica

$f_{ck}$  = 29.05 MPa resistenza caratteristica cilindrica

$f_{yk}$  = 450.00 MPa resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

#### Comb\_ $N_{max}$ Comb\_ $M_{x,Max}$ Comb\_ $M_{y,max}$

Rara Rara Rara

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

$\sigma_c$ =	17.4	17.4	17.4	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$ =	<b>2.4</b>	<b>3.7</b>	<b>3.7</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
	7.37	4.71	4.73		se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok		

#### Comb\_ $N_{max}$ Comb\_ $M_{x,Max}$ Comb\_ $M_{y,max}$

Quasi Perm. Quasi Perm. Quasi Perm.

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

$\sigma_c$ =	13.1	13.1	13.1	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$ =	<b>2.0</b>	<b>2.4</b>	<b>2.4</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
	6.54	5.45	5.45		se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 58 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

	<b>Comb_Nmin</b> Rara	<b>Comb_M<sub>X,Max</sub></b> Rara	<b>Comb_M<sub>y,max</sub></b> Rara	
<b>Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</b>				
$\sigma_s$ =	360.0	360.0	360.0	[MPa] massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$ =	<b>9.4</b> 38.47	<b>5.2</b> 69.54	<b>2.5</b> 144.35	[MPa] tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok	

## 5 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

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

### 5.1 METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

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

#### 5.1.1 Valutazione della snellezza

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 59 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$$\lambda = l_0 / i$$

dove:

$l_0$  è la lunghezza libera d'inflessione

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

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

### 5.1.2 Viscosità

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

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

dove:

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

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

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

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

### 5.1.3 Momenti flettenti

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

5.8.8.2

Momenti flettenti

(1) Il momento di progetto è:

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 60 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

## 5.1.4 Curvatura

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

5.8.8.3

Curvatura

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

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

dove:

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 61 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

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

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

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

dove:

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

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

$n_u = 1 + \omega$ ;

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

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

$A_s$  è l'area totale delle armature;

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

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

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

dove:

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

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

$l$  è la snellezza, vedere punto 5.8.3.1.

### 5.1.5 Flessione deviata

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 62 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

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

dove:

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

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

$a$  è l'esponente;

per sezioni circolari ed ellittiche:  $a = 2$

per sezioni rettangolari:

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

con interpolazione lineare per valori intermedi;

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

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

dove:

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

$A_s$  è l'area delle armature longitudinali.

## 5.2 VERIFICA ALL'INSTABILITÀ

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

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 63 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

Nelle figure seguenti sono riportate le verifiche di resistenza a presso-flessione per le pile del viadotto. Le verifiche sono state condotte con l'ausilio del programma V.C.A.S.L.U. così come già illustrato nel paragrafo per le verifiche di resistenza. Nel caso in cui è stato necessario condurre la verifica a presso-flessione deviata secondo il punto 5.8.9.4 EN 1992 in questi fogli è presente anche tale verifica. Si fa notare che, nella combinazione che massimizza lo sforzo assiale, la verifica è stata condotta in entrambe le direzioni principali.

### **PILA P01**

	<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	= 35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	= 37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	= 32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	= 450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	= 206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
$\varepsilon_{yd}$	= 0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria elemento</b>					
$d_x$	= 2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= 3.95	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= 10.88	10.88	10.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	= 9.46	9.46	9.46	m	altezza elemento
$J_x$	= 13.63	13.63	13.63	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	= 7.22	7.22	7.22	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	= 0.81	0.81	0.81	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 1.12	1.12	1.12	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$n$	= 90.00	90.00	90.00		numero barre
$\varnothing$	= 22.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
$A_s$	= 34212	34212	34212	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.07	0.07	0.07		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
$L_{0x}$	= 18.92	18.92	18.92	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	= 18.92	18.92	18.92	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	= 23.23	23.23	23.23		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 16.90	16.90	16.90		snellezza trasversale
$\lambda$	= 23.23	23.23	23.23		snellezza massima
<b>Sollecitazioni</b>					
$NEd$	= 19851	16955	11225	kN	sforzo normale di calcolo
$M1,x$	= 11441	13409	910		momento flettente trasversale del primo ordine
$M2,x$	= 11441.4	13408.6	909.7		momento flettente trasversale del primo ordine
$M1,y$	= 0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 64 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

M2,y = 2912 4959 12138 momento flettente longitudinale del primo ordine

**Valutazione della snellezza limite**

A	=	0.70	0.70	0.70	
B	=	1.07	1.07	1.07	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	=	0.1108	0.0947	0.0627	forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	31.56	34.15	41.97	snellezza limite
FS	=	1.36	1.47	1.81	se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	0.70	0.70	0.70	

**PILA P02**

		<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
R <sub>ck</sub>	=	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	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 <sub>cd</sub>	=	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f <sub>cm</sub>	=	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
E <sub>cm</sub>	=	32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f <sub>yk</sub>	=	450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
f <sub>yd</sub>	=	391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
E <sub>s</sub>	=	206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo

**Geometria elemento**

d <sub>x</sub>	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
d <sub>y</sub>	=	3.95	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
A <sub>c</sub>	=	10.88	10.88	10.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
L	=	15.46	15.46	15.46	m	altezza elemento
J <sub>x</sub>	=	13.63	13.63	13.63	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
J <sub>y</sub>	=	7.22	7.22	7.22	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
i <sub>x</sub>	=	0.81	0.81	0.81	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
i <sub>y</sub>	=	1.12	1.12	1.12	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia trasversale
n	=	90.00	90.00	90.00		numero barre
Ø	=	22.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
A <sub>s</sub>	=	34212	34212	34212	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.07	0.07	0.07		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 <sub>0x</sub>	=	30.92	30.92	30.92	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L <sub>0y</sub>	=	30.92	30.92	30.92	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	=	37.96	37.96	37.96		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	27.63	27.63	27.63		snellezza trasversale
$\lambda$	=	37.96	37.96	37.96		snellezza massima

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 65 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

#### Valutazione della snellezza limite

A	=	0.70	0.70	0.70		
B	=	1.07	1.07	1.07		
C	=	0.70	0.70	0.70		
n	=	0.1392	0.1210	0.0800		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
$\lambda_{lim}$	=	28.17	30.20	37.15		forza assiale adimensionale
FS	=	0.74	0.80	0.98		snellezza limite
check	=	no	no	no		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
$\vartheta_0$	=	0.005	0.005	0.005		
$\alpha_h$	=	0.67	0.67	0.67		
$\alpha_m$	=	1.00	1.00	1.00		
$\vartheta_i$	=	0.00333	0.00333	0.00333		
$e_{ix}$	=	0.05	0.05	0.05	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	=	0.05	0.05	0.05	m	eccentricità aggiuntiva trasversale

#### Sollecitazioni

$N_{Ed}$	=	24924	21674	14330	kN	sfuerzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	17085	21846	2240		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	17085.1	21845.7	2240.1		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	3233	4951	17772		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	18370	22963	2979		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	18370	22963	2979		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	1284.43	1116.92	738.46		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	4517.86	6068.18	18510.73		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	18369.5	22962.6	2978.5	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	3224.5	4087.7	11401.8	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente

#### Buckling

$n_u$	=	1.0747	1.0747	1.0747		
$n_{bal}$	=	0.40	0.40	0.40		
$K_r$	=	1.387	1.413	1.474		coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	=	2	2	2		coefficiente di viscosità a tempo infinito
c	=	9.87	9.87	9.87		fattore funzione della distribuzione della curvatura

#### Buckling longitudinale

$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	=	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_x$	=	0.242	0.242	0.242		
$K_{\varphi x}$	=	1.3588254	1.3588254	1.3588254		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0.0014	0.0014	0.0014		
$(1/r)_x$	=	0.0027	0.0027	0.0029		curvatura longitudinale
$e_{2x}$	=	0.261	0.266	0.278	m	inflessione longitudinale
$M_{2y}$	=	6509.1	5770.0	3978.9	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	9733.6	9857.7	15380.7	kNm	momento di progetto longitudinale

#### Buckling trasversale

$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
-------------------	---	------	------	------	--	----------------------------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 66 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	=	0.311	0.311	0.311		
$K_{\varphi y}$	=	1.461	1.461	1.461		
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.002		curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.210	0.214	0.223	m	inflessione trasversale
$M_{2x}$	=	5226.2	4632.8	3194.7	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	23595.8	27595.4	6173.2	kNm	momento di progetto trasversale
<b>Buckling flessione deviata - verifica geometrica</b>						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.37	1.37	1.37		rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2.82	2.82	2.82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.88	3.88	3.88	m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.08	0.14	0.74	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.69	1.01	0.16	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.129	0.189	0.796	m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.74	1.06	0.21	m	eccentricità trasversale
$e/b$	=	0.13	0.13	2.79		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.14	0.14	3.70		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.08	0.09	2.61		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>						
$\alpha$	=	1.0	1.0	1.0		
$N_{Rd}$	=	-	-	192490	kN	forza nominale resistente
$a$	=	-	-	1.00		esponente del dominio
$N_{Ed}$	=	-	-	14330	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	-	-	49459	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	-	-	36689	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0.544		se $< 1$ verifica soddisfatta
		-	-	ok		

#### PressoFlessione Retta

##### Comb.

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]		FS
	24924	9734	47810	ok	4.91
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	24924	23596	64626	ok	2.74
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	21674	27595	<b>60223</b>	ok	2.18
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]		
	deviata	deviata		deviata	deviata

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 67 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### **PILA P03**

	<b>Nmax</b>	<b>Mx,max</b>	<b>My,max</b>		
$R_{ck}$	= 35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	= 37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	= 32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	= 450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	= 206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
$\varepsilon_{yd}$	= 0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
<b>Geometria elemento</b>					
$d_x$	= 2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	= 3.95	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	= 10.88	10.88	10.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	= 15.46	15.46	15.46	m	altezza elemento
$J_x$	= 13.63	13.63	13.63	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	= 7.22	7.22	7.22	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	= 0.81	0.81	0.81	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	= 1.12	1.12	1.12	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$n$	= 90.00	90.00	90.00		numero barre
$\varnothing$	= 22.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
$A_s$	= 34212	34212	34212	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	= 0.07	0.07	0.07		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
$L_{0x}$	= 30.92	30.92	30.92	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	= 30.92	30.92	30.92	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	= 37.96	37.96	37.96		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	= 27.63	27.63	27.63		snellezza trasversale
$\lambda$	= 37.96	37.96	37.96		snellezza massima
<b>Valutazione della snellezza limite</b>					
$A$	= 0.70	0.70	0.70		
$B$	= 1.07	1.07	1.07		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)
$n$	= 0.1542	0.1346	0.0891		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	= 26.76	28.64	35.21		snellezza limite
$FS$	= 0.70	0.75	0.93		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	= no	no	no		
$\vartheta_0$	= 0.005	0.005	0.005		
$\alpha_h$	= 0.67	0.67	0.67		
$\alpha_m$	= 1.00	1.00	1.00		
$\vartheta_i$	= 0.00333	0.00333	0.00333		
$e_{ix}$	= 0.05	0.05	0.05	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	= 0.05	0.05	0.05	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
<b>Sollecitazioni</b>					
$N_{Ed}$	= 27620	24099	15952	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= 20573	26995	2881		momento flettente trasversale del primo ordine

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 68 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$M_{2,x}$	$\equiv$	20573.0	26994.7	2881.0		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	$=$	0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	$=$	1710	1913	16813		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	$=$	21996	28237	3703		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	$=$	21996	28237	3703		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	$=$	1423.33	1241.90	822.07		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	$=$	3132.98	3154.98	17634.74		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	$=$	21996.3	28236.6	3703.0	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	$=$	2449.1	2389.7	10909.7	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Buckling</b>						
$n_u$	$=$	1.0747	1.0747	1.0747		
$n_{bal}$	$=$	0.40	0.40	0.40		
$K_r$	$=$	1.364	1.393	1.461		coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	$=$	2	2	2		coefficiente di viscosità a tempo infinito
$c$	$=$	9.87	9.87	9.87		fattore funzione della distribuzione della curvatura
<b>Buckling longitudinale</b>						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	$=$	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	$=$	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_x$	$=$	0.242	0.242	0.242		
$K_{\varphi x}$	$=$	1.358825403	1.358825403	1.358825403		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	$=$	0.0014	0.0014	0.0014		
$(1/r)_x$	$=$	0.0027	0.0027	0.0028		curvatura longitudinale
$e_{2x}$	$=$	0.257	0.262	0.275	m	inflessione longitudinale
$M_{2y}$	$=$	7097.0	6324.6	4389.1	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	$=$	9546.1	8714.3	15298.8	kNm	momento di progetto longitudinale
<b>Buckling trasversale</b>						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	$=$	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	$=$	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	$=$	0.311	0.311	0.311		
$K_{\varphi y}$	$=$	1.461	1.461	1.461		
$(1/r_0)_y$	$=$	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	$=$	0.002	0.002	0.002		curvatura trasversale
$e_{2y}$	$=$	0.206	0.211	0.221	m	inflessione trasversale
$M_{2x}$	$=$	5698.3	5078.1	3524.1	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	$=$	27694.6	33314.7	7227.1	kNm	momento di progetto trasversale
<b>Buckling flessione deviata - verifica geometrica</b>						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	$=$	1.37	1.37	1.37		rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	$=$	2.82	2.82	2.82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	$=$	3.88	3.88	3.88	m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	$=$	0.04	0.05	0.63	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	$=$	0.74	1.12	0.18	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	$=$	0.089	0.099	0.684	m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	$=$	0.80	1.17	0.23	m	eccentricità trasversale
$e/b$	$=$	0.08	0.06	2.14		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	$=$	0.09	0.06	2.76		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	$=$	0.03	0.03	1.98		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>						
$\alpha$	$=$	1.0	1.0	1.0		
$N_{Rd}$	$=$	-	-	192490	kN	forza nominale resistente
$a$	$=$	-	-	1.00		esponente del dominio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 69 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$N_{Ed}$	=	-	-	15952	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=			51934	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=			38509	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0.536		se <1 verifica soddisfatta
		-	-	ok		

#### PressoFlessione Retta

##### Comb.

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]		FS
	27620	9546	50342	ok	5.27
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	27620	27695	68113	ok	2.46
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	24099	33315	63525	ok	1.91
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]		
	deviata	deviata		deviata	deviata

#### PILA P04

	$N_{max}$	$M_{x,max}$	$M_{y,max}$		
$R_{ck}$	= 35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	= 37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	= 32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	= 450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	= 1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	= 391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	= 206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
$\varepsilon_{yd}$	= 0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo

#### Geometria elemento

$d_x$	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	=	3.95	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	=	10.88	10.88	10.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	=	15.46	15.46	15.46	m	altezza elemento
$J_x$	=	13.63	13.63	13.63	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	7.22	7.22	7.22	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.81	0.81	0.81	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	1.12	1.12	1.12	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$n$	=	90.00	90.00	90.00		numero barre
$\varnothing$	=	22.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
$A_s$	=	34212	34212	34212	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.07	0.07	0.07		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
$L_{0x}$	=	30.92	30.92	30.92	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	=	30.92	30.92	30.92	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	=	37.96	37.96	37.96		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	27.63	27.63	27.63		snellezza trasversale
$\lambda$	=	37.96	37.96	37.96		snellezza massima

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 70 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### Valutazione della snellezza limite

A	=	0.70	0.70	0.70	
B	=	1.07	1.07	1.07	
C	=	0.70	0.70	0.70	
n	=	0.1533	0.1335	0.0885	
$\lambda_{lim}$	=	26.83	28.75	35.32	
FS	=	0.71	0.76	0.93	
check	=	no	no	no	
$\vartheta_0$	=	0.005	0.005	0.005	
$\alpha_h$	=	0.67	0.67	0.67	
$\alpha_m$	=	1.00	1.00	1.00	
$\vartheta_i$	=	0.00333	0.00333	0.00333	
$e_{ix}$	=	0.05	0.05	0.05	m
$e_{iy}$	=	0.05	0.05	0.05	m
<b>Sollecitazioni</b>					
$N_{Ed}$	=	27461	23915	15851	kN
$M_{1,x}$	=	21175	27505	3389	
$M_{2,x}$	=	21175.1	27504.9	3389.2	
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0	
$M_{2,y}$	=	3100	4603	18852	
$M_{01,x}$	=	22590	28737	4206	
$M_{02,x}$	=	22590	28737	4206	
$M_{01,y}$	=	1415.14	1232.40	816.83	
$M_{02,y}$	=	4515.35	5835.85	19668.81	
$M_{0Ed,x}$	=	22590.2	28737.3	4206.0	kN
$M_{0Ed,y}$	=	3275.3	3994.5	12128.0	kN
<b>Buckling</b>					
$n_u$	=	1.0747	1.0747	1.0747	
$n_{bal}$	=	0.40	0.40	0.40	
$K_r$	=	1.000	1.000	1.000	
$\varphi(\infty, t_0)$	=	2	2	2	
c	=	9.87	9.87	9.87	
<b>Buckling longitudinale</b>					
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	0.74	0.74	0.74	
$\varphi_{eff,x}$	=	1.4815	1.4815	1.4815	
$\beta_x$	=	0.242	0.242	0.242	
$K_{\varphi x}$	=	1.358825403	1.358825403	1.358825403	
$(1/r_0)_x$	=	0.0014	0.0014	0.0014	
$(1/r)_x$	=	0.0019	0.0019	0.0019	
$e_{2x}$	=	0.188	0.188	0.188	m
$M_{2y}$	=	5172.1	4504.2	2985.4	kNm
$M_{Edy}$	=	8447.4	8498.7	15113.4	kNm
<b>Buckling trasversale</b>					
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	0.74	0.74	0.74	
$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815	
$\beta_y$	=	0.311	0.311	0.311	
$K_{\varphi y}$	=	1.461	1.461	1.461	
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001	
$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.002	
$e_{2y}$	=	0.151	0.151	0.151	m
$M_{2x}$	=	4152.8	3616.5	2397.0	kNm

coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura  
coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti  
alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)  
forza assiale adimensionale  
snellezza limite  
se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità

m eccentricità aggiuntiva longitudinale  
m eccentricità aggiuntiva trasversale

sforzo normale di calcolo  
momento flettente trasversale del primo ordine  
momento flettente trasversale del primo ordine  
momento flettente longitudinale del primo ordine  
momento flettente longitudinale del primo ordine  
minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)  
massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)  
minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)  
massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)  
momento flettente di calcolo trasversale equivalente  
momento flettente di calcolo longitudinale equivalente

coefficiente correttivo funzione del carico assiale  
coefficiente di viscosità a tempo infinito  
fattore funzione della distribuzione della curvatura

rapporto momento SLE/momento SLU  
coefficiente di viscosità efficace  
coefficiente che tiene conto della viscosità  
curvatura longitudinale  
inflexione longitudinale  
momento nominale del 2° ordine longitudinale  
momento di progetto longitudinale

rapporto momento SLE/momento SLU  
coefficiente di viscosità efficace  
curvatura trasversale  
curvatura trasversale  
inflexione trasversale  
momento nominale del 2° ordine trasversale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 71 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$M_{Edx}$	=	26743.0	32353.8	6603.1	kNm	momento di progetto trasversale
<b>Buckling flessione deviata - verifica geometrica</b>						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.37	1.37	1.37		rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2.82	2.82	2.82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.88	3.88	3.88	m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.07	0.12	0.71	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.77	1.15	0.21	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.119	0.167	0.765	m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.82	1.20	0.27	m	eccentricità trasversale
$e/b$	=	0.11	0.10	2.10		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.11	0.11	2.60		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.06	0.07	1.96		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>						
$\alpha$	=	1.0	1.0	1.0		
$N_{Rd}$	=	-	-	192490	kN	forza nominale resistente
$a$	=	-	-	1.00		esponente del dominio
$N_{Ed}$	=	-	-	15851	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	-	-	51791	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	-	-	38397	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0.521		se $< 1$ verifica soddisfatta
		-	-	ok		

#### PressoFlessione Retta

##### Comb.

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]		FS
	27461	8447	<b>50196</b>	ok	5.94
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	27461	26743	<b>67911</b>	ok	2.54
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	23915	32354	<b>63278</b>	ok	1.96
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]		
	deviata	deviata		deviata	devita

#### PILA P05

	$N_{max}$	$M_{x,max}$	$M_{y,max}$		
$R_{ck}$	=	35	35	35	MPa resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05	29.05	29.05	MPa resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.46	16.46	16.46	MPa resistenza di calcolo a compressione
$f_{cm}$	=	37.05	37.05	37.05	MPa resistenza cilindrica media
$E_{cm}$	=	32588	32588	32588	MPa modulo elastico istantaneo
$f_{yk}$	=	450.00	450.00	450.00	MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	391	391	391	MPa tensione di snervamento di calcolo acciaio
$E_s$	=	206000	206000	206000	MPa modulo elastico acciaio
$\epsilon_{yd}$	=	0.00190	0.00190	0.00190	deformazione allo snervamento di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 72 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

#### Geometria elemento

$d_x$	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
$d_y$	=	3.95	3.95	3.95	m	altezza utile trasversale
$A_c$	=	10.88	10.88	10.88	m <sup>2</sup>	area sezione trasversale
$L$	=	16.66	16.66	16.66	m	altezza elemento
$J_x$	=	13.63	13.63	13.63	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale
$J_y$	=	7.22	7.22	7.22	m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale
$i_x$	=	0.81	0.81	0.81	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia longitudinale
$i_y$	=	1.12	1.12	1.12	m <sup>4</sup>	raggio d'inerzia trasversale
$n$	=	90.00	90.00	90.00		numero barre
$\varnothing$	=	22.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
$A_s$	=	34212	34212	34212	mm <sup>2</sup>	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
$\omega$	=	0.07	0.07	0.07		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
$L_{0x}$	=	33.32	33.32	33.32	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
$L_{0y}$	=	33.32	33.32	33.32	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
$\lambda_x$	=	40.90	40.90	40.90		snellezza longitudinale
$\lambda_y$	=	29.77	29.77	29.77		snellezza trasversale
$\lambda$	=	40.90	40.90	40.90		snellezza massima

#### Valutazione della snellezza limite

A	=	0.70	0.70	0.70		
B	=	1.07	1.07	1.07		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	=	0.1580	0.1392	0.0923		forza assiale adimensionale
$\lambda_{lim}$	=	26.43	28.17	34.59		snellezza limite
FS	=	0.65	0.69	0.85		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	no	no	no		
$\vartheta_0$	=	0.005	0.005	0.005		
$\alpha_h$	=	0.67	0.67	0.67		
$\alpha_m$	=	1.00	1.00	1.00		
$\vartheta_i$	=	0.00333	0.00333	0.00333		
$e_{ix}$	=	0.06	0.06	0.06	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
$e_{iy}$	=	0.06	0.06	0.06	m	eccentricità aggiuntiva trasversale

#### Sollecitazioni

$N_{Ed}$	=	28306	24924	16523	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	12927	23803	3942		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	12926.9	23803.4	3942.4		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	5495	8958	22494		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	14499	25187	4860		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	14499	25187	4860		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	1571.94	1384.09	917.57		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	7066.52	10341.81	23411.71		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Busita III</b>		
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX		
	Pagina 73 di 119		
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc		

$M_{0Ed,x}$	=	14498.8	25187.5	4859.9	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	4868.7	6758.7	14414.1	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
<b>Buckling</b>						
$n_u$	=	1.0747	1.0747	1.0747		
$n_{bal}$	=	0.40	0.40	0.40		
$K_r$	=	1.359	1.387	1.456		coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	=	2	2	2		coefficiente di viscosità a tempo infinito
$c$	=	9.87	9.87	9.87		fattore funzione della distribuzione della curvatura
<b>Buckling longitudinale</b>						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	=	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_x$	=	0.223	0.223	0.223		
$K_{\varphi x}$	=	1.329727476	1.329727476	1.329727476		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0.0014	0.0014	0.0014		
$(1/r)_x$	=	0.0026	0.0026	0.0028		curvatura longitudinale
$e_{2x}$	=	0.291	0.297	0.312	m	inflexione longitudinale
$M_{2y}$	=	8231.1	7396.7	5149.4	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
$M_{Edy}$	=	13099.8	14155.5	19563.5	kNm	momento di progetto longitudinale
<b>Buckling trasversale</b>						
$M_{SLE}/M_{SLU}$	=	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
$\beta_y$	=	0.297	0.297	0.297		
$K_{\varphi y}$	=	1.440	1.440	1.440		
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.002		curvatura trasversale
$e_{2y}$	=	0.235	0.240	0.252	m	inflexione trasversale
$M_{2x}$	=	6655.6	5980.9	4163.8	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
$M_{Edx}$	=	21154.4	31168.4	9023.7	kNm	momento di progetto trasversale
<b>Buckling flessione deviata - verifica geometrica</b>						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.37	1.37	1.37		rapporto di snellezza massimo (se $\leq 2$ sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2.82	2.82	2.82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.88	3.88	3.88	m	dimensione trasversale equivalente
$e_x$	=	0.12	0.22	0.82	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_y$	=	0.46	0.96	0.24	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
$e_{x0}$	=	0.172	0.271	0.872	m	eccentricità longitudinale
$e_{y0}$	=	0.51	1.01	0.29	m	eccentricità trasversale
$e/b$	=	0.24	0.20	2.16		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.27	0.21	2.66		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.17	0.16	2.02		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
<b>Buckling flessione deviata - verifica semplificata</b>						
$\alpha$	=	1.0	1.0	1.0		
$N_{Rd}$	=	192490	-	192490	kN	forza nominale resistente
$a$	=	1.50	-	1.00		esponente del dominio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 74 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$N_{Ed}$	=	28306.28	-	16523	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{Rdx}$	=	68979		52795	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
$M_{Rdy}$	=	50968		39138	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	0.300	-	0.671		se <1 verifica soddisfatta
		ok	-	ok		

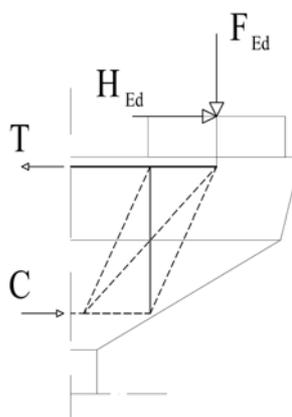
#### PressoFlessione Retta

##### Comb.

$N_{max} - M_{Edy}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Rdy}$ [kNm]		FS
	deviata	deviata	deviata		deviata
$N_{max} - M_{Edx}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx}$ [kNm]	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	deviata	deviata	deviata		deviata
$M_{EdxMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edx,max}$	$M_{Rdx}$ [kNm]		
	24924	31168	<b>64626</b>	ok	2.07
$M_{EdyMax}$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy,max}$	$M_{Rdy}$ [kNm]		
	deviata	deviata	deviata		deviata

## 6 VERIFICA DEL PULVINO

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



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

#### RIEPILOGO Pulvini più sollecitati

	$F_z$	$V$		
$F_{z,max}$	12035.6	287.2	NLi-sx5	P05-sx
$V_{max}$	7240.6	569.0	NLi-dx4	P04-sx

NL-dx5 = appoggio destro pila P05 carreggiata sinistra

NL-sx5 = appoggio sinistro pila P05 carreggiata sinistra

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 75 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

### Bridge Cap - Strut & Tie Model

#### Materiali

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

		Tipo A	Tipo A		
		<b>Fz,max</b>	<b>V,max</b>		
		<b>i=5.75</b>	<b>i=5.75</b>		
		<b>NLi-sx5</b>	<b>NLi-dx4</b>		
		<b>P05-sx</b>	<b>P04-sx</b>		

$F_{Ed}$	=	<b>12036</b>	<b>7240.6</b>	kN	azione verticale di calcolo appoggio 1
$H_{Ed}$	=	<b>287</b>	<b>569.0</b>	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio 1

#### Geometria

$a_c$	=	1075	1075	mm	distanza asse appoggio 1 estradosso pila
$B$	=	3000	3000	mm	larghezza pulvino
$h_c$	=	3200	3200	mm	altezza pulvino
$c$	=	50	50	mm	copriferro
$s$	=	50	50	mm	altezza dente estradosso pulvino
$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo 1
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo 1
$b_3$	=	150	370	mm	altezza baggiolo 1
		$H_{be}$	$H_{bi}$		id baggioli
$d$	=	3150	3150	mm	altezza utile
$z$	=	2520	2520	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	198.6	119.5	mm	larghezza collaborante pila
$y_1$	=	504.0	504.0	mm	altezza biella compressa
$a$	=	1174.3	1134.7	mm	distanza tra $F_{Ed}$ e asse 1 larghezza pila collaborante
$a_H$	=	250	470	mm	distanza tra $H_{Ed}$ e armatura
$C$	=	5637	3367	kN	risultante di compressione
$T$	=	5924	3936	kN	risultante di trazione

#### Verifiche Puntone-Tirante

$\sigma_c$	=	1.86	1.11	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	10.83	18.14		check (if >1 verified)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 76 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

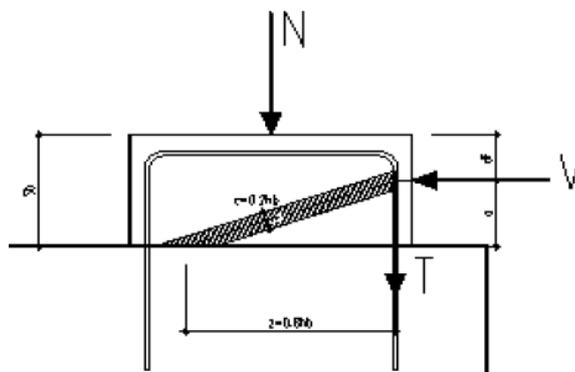
n	=	40	40	numero ferri superiore
Ø	=	26	26 mm	diametro armatura superiore
A <sub>s</sub>	=	21237.2	21237.2 mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
σ <sub>s</sub>	=	279	185 MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	1.40	2.11	check (if >1 verified)

#### Armatura a Taglio

		orizzontali	orizzontali	disposizione staffe
F <sub>wd</sub>	=	3613.7	2249.4 kN	risultante forza di taglio
n <sub>w</sub>	=	8	8	numero staffe
s <sub>w</sub>	=	200	200 mm	passo staffe
Ø <sub>w</sub>	=	20	20 mm	diametro staffe
k <sub>2</sub>	=	0.25	0.25	coefficiente per l'armatura a taglio
A <sub>s,ink</sub>	=	5309.3	5309.3 mm <sup>2</sup>	armatura minima a taglio
A <sub>sw</sub>	=	14756.9	14259.7 mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
σ <sub>s</sub>	=	245	158 MPa	tensione di trazione staffe
FS	=	1.60	2.48	check (se >1 verificato)

## 6.1 VERIFICA BAGGIOLI

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



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

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

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

in cui:

N = carico concentrato all'appoggio

b = larghezza del baggiolo

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 77 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## Bridge Cap - Strut & Tie Model

### Materiali

$R_{ck}$	=	45	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ck}$	=	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{cd}$	=	21.2	21.2	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	1.18	1.18		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\beta_2$	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\beta_3$	=	0.88	0.88		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	24.99	24.99	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi
$\sigma_{2Rd,max}$	=	21.18	21.18	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione
$\sigma_{3Rd,max}$	=	18.64	18.64	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione
		Tipo A	Tipo A		
		<b>Fz,max</b>	<b>V,max</b>		
		<b>i=5.75</b>	<b>i=5.75</b>		
		<b>NLi-sx5</b>	<b>NLi-dx4</b>		
		<b>P05-sx</b>	<b>P04-sx</b>		

### Mensola

$F_{Ed}$	=	12036	7241	kN	azione verticale di calcolo appoggio 1
$H_{Ed}$	=	287	569	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio 1

### Verifica baggiolo

$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_3$	=	150	370	mm	altezza baggiolo
$c$	=	30	30	mm	copriferro
$d$	=	1070	1070	mm	altezza utile
$z$	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	10.4	20.7	mm	larghezza collaborante
$y_1$	=	171.2	171.2	mm	altezza biella compressa
$a$	=	155.2	380.3		
$\alpha$	=	0.18	0.42	rad	
$C$	=	291.90	622.61	kN	
$T$	=	52.08	252.81	kN	

### Verifiche Puntone-Tirante

$\sigma_c$	=	0.78	1.65	MPa	risultante di compressione
FS	=	32.25	15.12		risultante di trazione
$n$	=	6	6		numero ferri superiore
$\emptyset$	=	20	20	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	1885.0	1885.0	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	28	134	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	14.16	2.92		check (if >1 verified)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 78 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### Verifiche armatura a fenditura

$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_3$	=	150	370	mm	altezza baggiolo
$b_0$	=	950	950	mm	larghezza appoggio
T	=	497	299	kN	
$A_s$	=	1271	765	mmq	armatura necessaria
p	=	100	100	mm	passo
nstr	=	2	4		numero strati
nbr	=	8	8		numero bracci x strato
$\varnothing_w$	=	16	16	mm	diametro staffe
$A_{sw}$	=	2412.7	5951.4	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
		1.90	7.78		check (se >1 verificato)
		ok	ok		

## 7 DISPOSITIVI ANTISISMICI

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

### Dispositivo: SI-H 900/168

V	=	12310	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
$F_{zd}$	=	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
$K_e$	=	5.3	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
$K_v$	=	3546	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
$D_g$	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	=	1049	kg	peso dell'isolatore

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

**Tabella 5: Matrice dei coefficienti di combinazione agli SLC**

	Comb_SLC					
	SLC1	SLC2	SLC3	SLC4	SLC5	SLC6
<b>01) g1-imp</b>	1	1	1	1	1	1
<b>02) g2</b>	1	1	1	1	1	1
<b>03) e2</b>	1	1	1	1	1	1
<b>04) e3.1</b>	0.5	0	0.5	0	0.5	0
<b>05) e3.2</b>	0	0.5	0	0.5	0	0.5
<b>06) q1</b>	0	0	0	0	0	0
<b>07) q1</b>	0	0	0	0	0	0
<b>08) q3</b>	0	0	0	0	0	0

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 79 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

09) q4	0	0	0	0	0	0
10) q5-imp	0	0	0	0	0	0
11) SLC1	1	1	0	0	0	0
12) SLC2	0	0	1	1	0	0
13) SLC3	0	0	0	0	1	1

**Tabella 6: Matrice dei coefficienti di combinazione agli SLU**

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

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

P0i\_NL\_dxi è l'isolatore destro della P0i-esima pila;

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

Uh è la composizione vettoriale degli spostamenti Ux e Uy;

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

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

P01_NLi_dx1	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	3713.0	614.4	57.1	115.9	10.8	116.4
SLC2	3697.3	681.7	57.4	128.6	10.8	129.1
SLC3	3737.5	242.1	187.4	45.7	35.4	57.8
SLC4	3721.8	309.4	187.6	58.4	35.4	68.3
SLC5	3796.8	241.8	56.5	45.6	10.7	46.8
SLC6	3781.1	309.0	56.8	58.3	10.7	59.3
SLU1	7388.1	134.4	321.4	25.4	60.6	65.7
SLU2	7365.4	231.2	321.8	43.6	60.7	74.8
SLU3	7414.1	158.4	195.0	29.9	36.8	47.4
SLU4	7376.3	319.8	195.6	60.3	36.9	70.7
SLU5	8152.1	123.7	196.4	23.3	37.1	43.8
SLU6	8129.4	220.5	196.8	41.6	37.1	55.8
P01_NLi_sx1	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	3710.4	615.4	57.1	116.1	10.8	116.6
SLC2	3694.5	682.8	57.4	128.8	10.8	129.3
SLC3	3734.9	242.4	187.4	45.7	35.4	57.8

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 80 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SLC4	3719.0	309.8	187.6	58.4	35.4	68.3
SLC5	3794.2	242.2	56.5	45.7	10.7	46.9
SLC6	3778.3	309.6	56.8	58.4	10.7	59.4
SLU1	7840.6	111.4	320.5	21.0	60.5	64.0
SLU2	7817.8	208.5	320.9	39.3	60.6	72.2
SLU3	7867.3	144.8	194.1	27.3	36.6	45.7
SLU4	7829.2	306.5	194.8	57.8	36.7	68.5
SLU5	8758.3	109.9	195.3	20.7	36.8	42.3
SLU6	8735.5	207.0	195.7	39.0	36.9	53.7
<b>P02_NLi_dx2</b>	<b>FZ [kN]</b>	<b>FX [kN]</b>	<b>FY [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	4513.2	538.3	70.8	101.6	13.3	102.4
SLC2	4511.1	574.7	72.3	108.4	13.6	109.3
SLC3	4562.8	192.9	226.5	36.4	42.7	56.1
SLC4	4560.7	229.3	228.1	43.3	43.0	61.0
SLC5	4560.7	192.6	69.4	36.3	13.1	38.6
SLC6	4558.5	229.1	71.0	43.2	13.4	45.2
SLU1	8970.0	80.8	457.8	15.2	86.4	87.7
SLU2	8966.9	133.3	460.0	25.2	86.8	90.4
SLU3	8934.8	90.8	280.7	17.1	53.0	55.7
SLU4	8929.6	178.3	284.4	33.6	53.7	63.3
SLU5	9875.2	72.0	283.5	13.6	53.5	55.2
SLU6	9872.1	124.5	285.7	23.5	53.9	58.8
<b>P02_NLi_sx2</b>	<b>FZ [kN]</b>	<b>FX [kN]</b>	<b>FY [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	4553.3	538.9	70.8	101.7	13.3	102.6
SLC2	4550.3	575.6	72.3	108.6	13.6	109.5
SLC3	4599.5	193.1	226.5	36.4	42.7	56.2
SLC4	4596.4	229.8	228.1	43.4	43.0	61.1
SLC5	4601.7	193.0	69.4	36.4	13.1	38.7
SLC6	4598.6	229.7	71.0	43.3	13.4	45.4
SLU1	9537.9	65.1	458.1	12.3	86.4	87.3
SLU2	9533.5	117.9	460.3	22.3	86.8	89.7
SLU3	9506.2	81.5	280.9	15.4	53.0	55.2
SLU4	9498.8	169.6	284.7	32.0	53.7	62.5
SLU5	10616.4	62.6	283.9	11.8	53.6	54.8
<b>SLU6</b>	<b>10612.0</b>	<b>115.4</b>	<b>286.1</b>	<b>21.8</b>	<b>54.0</b>	<b>58.2</b>
<b>P03_NLi_dx3</b>	<b>FZ [kN]</b>	<b>FX [kN]</b>	<b>FY [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	5189.4	484.6	79.4	91.4	15.0	92.7
SLC2	5185.4	486.5	83.2	91.8	15.7	93.1
SLC3	5245.7	147.1	251.4	27.8	47.4	55.0
SLC4	5241.8	149.0	255.3	28.1	48.2	55.8
SLC5	5234.7	146.9	79.0	27.7	14.9	31.5
SLC6	5230.8	148.9	82.8	28.1	15.6	32.1
SLU1	10166.4	14.5	552.3	2.7	104.2	104.2
SLU2	10160.6	17.3	557.8	3.3	105.3	105.3
SLU3	10131.5	11.0	340.9	2.1	64.3	64.4
SLU4	10121.9	15.6	350.1	3.0	66.1	66.1
SLU5	11156.0	10.0	343.0	1.9	64.7	64.7
SLU6	11150.3	12.8	348.5	2.4	65.8	65.8
<b>P03_NLi_sx3</b>	<b>FZ [kN]</b>	<b>FX [kN]</b>	<b>FY [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	5196.5	484.3	79.4	91.4	15.0	92.6

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>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 81 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SLC2	5194.9	486.5	83.2	91.8	15.7	93.1
SLC3	5255.2	147.1	251.4	27.8	47.4	55.0
SLC4	5253.6	149.3	255.3	28.2	48.2	55.8
SLC5	5242.3	147.0	79.0	27.7	14.9	31.5
SLC6	5240.7	149.1	82.8	28.1	15.6	32.2
SLU1	10723.2	10.3	551.9	1.9	104.1	104.1
SLU2	10721.0	13.4	557.4	2.5	105.2	105.2
SLU3	10679.3	8.7	340.4	1.6	64.2	64.3
SLU4	10675.5	13.8	349.7	2.6	66.0	66.0
SLU5	11896.5	7.7	342.4	1.4	64.6	64.6
SLU6	11894.2	10.7	348.0	2.0	65.7	65.7
<b>P04_NLi_dx4</b>	<b>FZ [kN]</b>	<b>FX [kN]</b>	<b>FY [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	5067.1	520.9	81.6	98.3	15.4	99.5
SLC2	5063.4	552.3	86.7	104.2	16.4	105.5
SLC3	5122.9	183.3	253.7	34.6	47.9	59.1
SLC4	5119.2	214.6	258.8	40.5	48.8	63.4
SLC5	5116.6	183.0	80.5	34.5	15.2	37.7
SLC6	5112.9	214.3	85.6	40.4	16.1	43.5
SLU1	9992.3	58.5	546.6	11.0	103.1	103.7
SLU2	9987.0	103.6	554.0	19.5	104.5	106.3
SLU3	9955.7	71.3	338.8	13.5	63.9	65.3
SLU4	9946.9	146.5	351.0	27.6	66.2	71.8
SLU5	10978.4	55.1	340.0	10.4	64.1	65.0
SLU6	10973.1	100.2	347.3	18.9	65.5	68.2
<b>P04_NLi_sx4</b>	<b>FZ [kN]</b>	<b>FX [kN]</b>	<b>FY [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	5289.5	520.7	81.6	98.3	15.4	99.5
SLC2	5281.3	552.2	86.7	104.2	16.4	105.5
SLC3	5341.2	183.3	253.7	34.6	47.9	59.1
SLC4	5333.1	214.7	258.8	40.5	48.8	63.4
SLC5	5339.2	183.0	80.5	34.5	15.2	37.7
SLC6	5331.1	214.4	85.6	40.5	16.1	43.6
SLU1	10834.2	51.7	544.9	9.8	102.8	103.3
SLU2	10822.5	97.0	552.3	18.3	104.2	105.8
SLU3	10813.6	67.4	337.1	12.7	63.6	64.9
SLU4	10794.1	142.8	349.3	27.0	65.9	71.2
SLU5	12002.6	51.2	337.7	9.7	63.7	64.5
SLU6	11990.9	96.5	345.1	18.2	65.1	67.6
<b>P05_NLi_dx5</b>	<b>FZ [kN]</b>	<b>FX [kN]</b>	<b>FY [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
SLC1	5167.3	541.8	76.6	102.2	14.5	103.2
SLC2	5151.3	604.3	80.7	114.0	15.2	115.0
SLC3	5224.3	217.7	212.6	41.1	40.1	57.4
SLC4	5208.3	280.2	216.6	52.9	40.9	66.8
SLC5	5226.1	216.1	69.1	40.8	13.0	42.8
SLC6	5210.1	278.6	73.2	52.6	13.8	54.3
SLU1	9988.0	137.4	410.9	25.9	77.5	81.8
SLU2	9965.0	227.4	416.8	42.9	78.6	89.6
SLU3	10006.4	155.0	258.1	29.3	48.7	56.8
SLU4	9968.1	305.0	267.8	57.6	50.5	76.6
SLU5	10949.6	123.0	260.9	23.2	49.2	54.4
SLU6	10926.6	213.0	266.7	40.2	50.3	64.4
<b>P05_NLi_sx5</b>	<b>FZ [kN]</b>	<b>FX [kN]</b>	<b>FY [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 82 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

SLC1	5397.5	543.6	76.6	102.6	14.5	103.6
SLC2	5386.8	606.6	80.7	114.4	15.2	115.5
SLC3	5444.8	217.7	212.6	41.1	40.1	57.4
SLC4	5434.1	280.7	216.6	53.0	40.9	66.9
SLC5	5458.9	216.9	69.1	40.9	13.0	43.0
SLC6	5448.3	280.0	73.2	52.8	13.8	54.6
SLU1	10876.4	116.1	414.2	21.9	78.1	81.2
SLU2	10861.0	206.9	420.0	39.0	79.2	88.3
SLU3	10877.6	142.7	261.3	26.9	49.3	56.2
SLU4	10852.0	293.9	271.1	55.5	51.1	75.4
SLU5	12035.6	110.2	265.2	20.8	50.0	54.2
SLU6	12020.3	201.0	271.1	37.9	51.1	63.7
	<b>FZ [kN]</b>	<b>FX [kN]</b>	<b>FY [kN]</b>	<b>Ux [mm]</b>	<b>Uy [mm]</b>	<b>Uh [mm]</b>
<b>MAX</b>	12035.6	682.8	557.8	128.8	105.3	129.3

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

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

V	=	12310	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	=	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	=	5.3	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	=	3546	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>g</sub>	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	=	1049	kg	peso dell'isolatore

<b>V<sub>Sd,max</sub></b>	=	5459	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
<b>F<sub>Sd,zd</sub></b>	=	12036	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
<b>d<sub>max</sub></b>	=	129	mm	spostamento massimo dell'impalcato
FS	=	2.26	ok	verifica sull'isolatore in fase di sisma
FS	=	1.76	ok	verifica sull'isolatore per carico verticale allo SLU in esercizio
FS	=	2.32	ok	spostamento dell'isolatore
d <sub>giunto</sub>	=	259	mm	massima escursione del giunto
<b>d<sub>max</sub> SLC</b>	=	149	mm	spostamento massimo in fase di sisma
<b>d<sub>max</sub> SLU</b>	=	106	mm	spostamento massimo allo SLU

Le verifiche sul massimo carico agente in fase sismica e all'SLU sono soddisfatte con un fattore di sicurezza maggiore di 1.5. Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 129 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm. Dunque, l'isolatore scelto è completamente verificato per la carreggiata SX del viadotto in esame.

## 8 VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE

### 8.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

L	=	<b>28</b> m	lunghezza palo
E	=	31447 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	<b>1500</b> mm	diametro palo
J	=	248504887637 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	<b>13000</b> kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	2250 mm	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	29250 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
$\lambda$	=	5.72 m	lunghezza elastica del palo
h	=	<b>0.00</b> m	altezza tratto libero
V <sub>max</sub>	=	<b>247.0</b> kN	taglio alla testa del palo
N	=	<b>2072</b> kN	sforzo assiale alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>706</b> kNm	massimo momento flettente

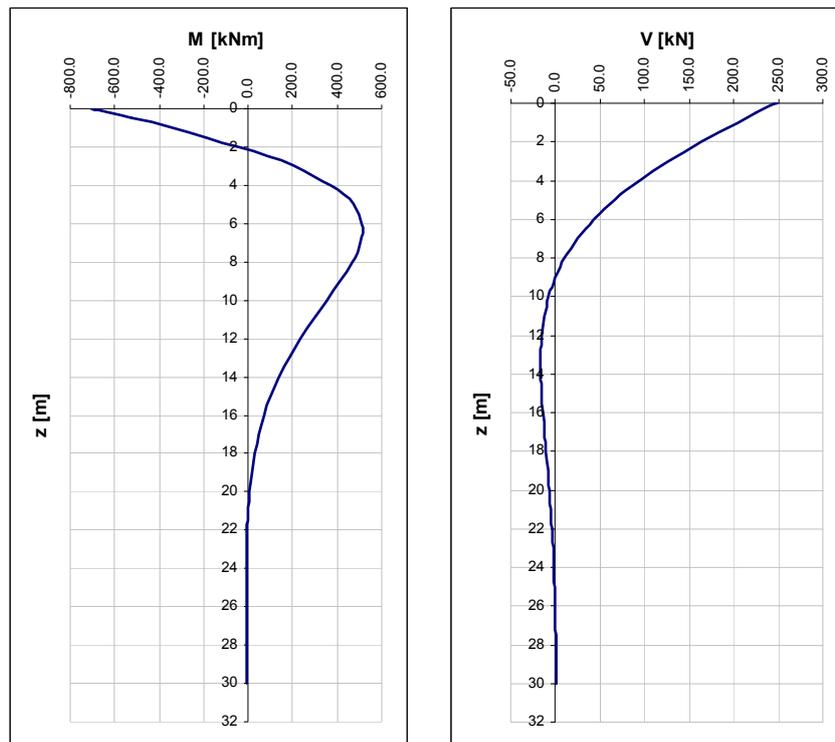


Figura 14: Diagrammi del momento flettente e del taglio di calcolo

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

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

	Z <sub>in</sub> [m]	Z <sub>fin</sub> [m]	L <sub>gabbia</sub> [m]	c' [cm]	Ø [mm]	n	s [cm]	M <sub>Ed</sub> [kN*m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>res</sub> [kN*m]	FS	
gabbia	-1.2	28	31	5	22	16	27.5	706	2072	2615	3.70	OK

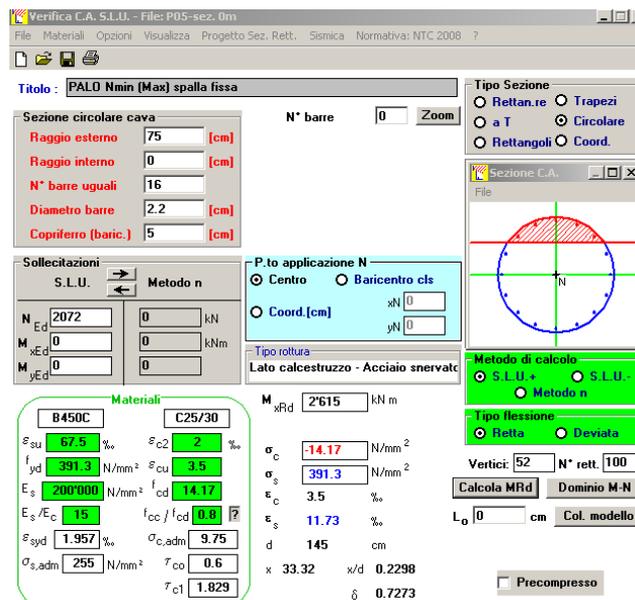


Figura 15: Verifica pressoflessione del palo più caricato

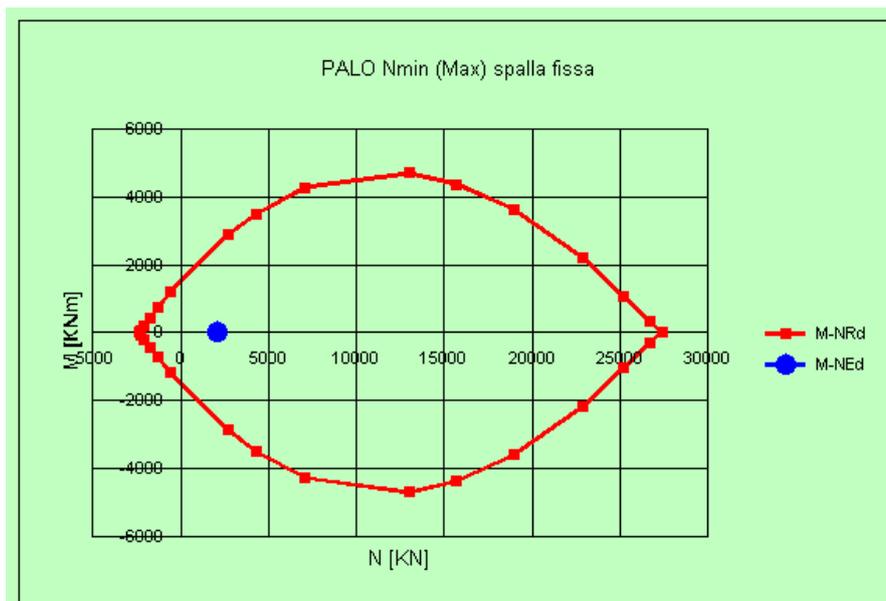


Figura 16: Domino do resistenza

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>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 85 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 8.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø12/150 per lintera lunghezza del palo.  
La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

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

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

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

$D$ : diametro della sezione

$d$ : altezza utile della sezione

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

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

$s$ : interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

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

#### Sollecitazioni

$V_{Sd}$  = 247 kN taglio di calcolo

$N_{Sd}$  = 2072 kN sforzo normale i calcolo

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$R_{ck}$  = 30 MPa resistenza caratteristica cubica

$f_{ck}$  = 24.9 MPa resistenza caratteristica cilindrica

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

$\gamma_c$  = 1.5 coefficiente parziale di sicurezza

$f_{cd}$  = 14.11 MPa resistenza di calcolo a compressione

##### Acciaio

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

$\gamma_s$  = 1.15 coefficiente parziale di sicurezza

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 86 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$f_{yd}$	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>				
<b>D</b>	=	1500	mm	diametro palo
<b>c</b>	=	50	mm	copriferro
<b>d</b>	=	1450	mm	altezza utile
<b>b<sub>we</sub></b>	=	1350	mm	base equivalente
<b>d<sub>e</sub></b>	=	1123	mm	altezza utile equivalente
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
$n_l$	=	16		numero ferri longitudinali
$\varnothing_l$	=	22	mm	diametro ferri longitudinali
$A_{sl}$	=	6082	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
$A_c$	=	1767145.87	mm <sup>2</sup>	area sezione cls
<b>k</b>	=	1.42		
$\sigma_{cp}$	=	1.1725	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
$\rho_1$	=	0.00401	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
$V_{min}$	=	0.296		
<b>V<sub>rd</sub></b>	=	<b>823.80</b>	kN	taglio resistente
$V_{Sd}$	=	247	kN	taglio di calcolo
<b>FS</b>	=	3.34	ok	se $>1$ verifica soddisfatta
<b>Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio</b>				
$\varnothing_w$	=	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
$\alpha$	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
<b>s</b>	=	150.00	mm	passo staffe
$n_{br}$	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
$A_{sw}$	=	226.19	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$b_{we}$	=	1350.00	mm	larghezza minima sezione
$f_{cd}$	=	14.11	MPa	
$\nu$	=	0.5		coeff. di riduzione $f_{cd}$
$f'_{cd}$	=	7.06	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
$\omega_{sw}$	=	0.03098		% meccanica di armatura trasversale
$\alpha_c$	=	1.08310		
$\cot\theta$	=	2.500		valore di calcolo
$V_{Rsd}$	=	1490.97	kN	Resistenza "taglio trazione"
$V_{Rcd}$	=	3595.20	kN	Resistenza "taglio compressione"
<b>V<sub>Rd</sub></b>	=	<b>1490.97</b>	kN	Resistenza a taglio
$V_{Sd}$	=	247	kN	taglio di calcolo
<b>FS</b>	=	6.04	ok	se $>1$ verifica soddisfatta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 87 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 8.1.3 S.L.E. – Fessurazione

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

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

- **condizioni ordinarie;**
- **armature poco sensibili.**

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

**Tabella 7: Sollecitazioni per la verifica agli SLE**

SLE_Frequente				SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M		N	V	M
Comb	kN	kN	kNm	Comb	kN	kN	kNm
Nmax	4965	69	197	Nmax	4140	57	163
Nmin	2058	66	189	Nmin	2633	57	163
Vmax	2614	69	197	Vmax	2633	57	163

**Tabella 8: Tensioni di riferimento**

		comb. FREQUENTE	comb. QUASI PERM.
<b>Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		w3=0.40 mm	w2=0.30 mm
[MPa]		Ø	Ø
160		40	25
200		32	16
240		20	12
280		16	8
320		12	6
360		10	-
<b>Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		w3=0.40 mm	w2=0.30 mm
[MPa]		spaziatura	spaziatura
160		300	300
200		300	250
240		250	200
280		200	150
320		150	100
360		100	50

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 88 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

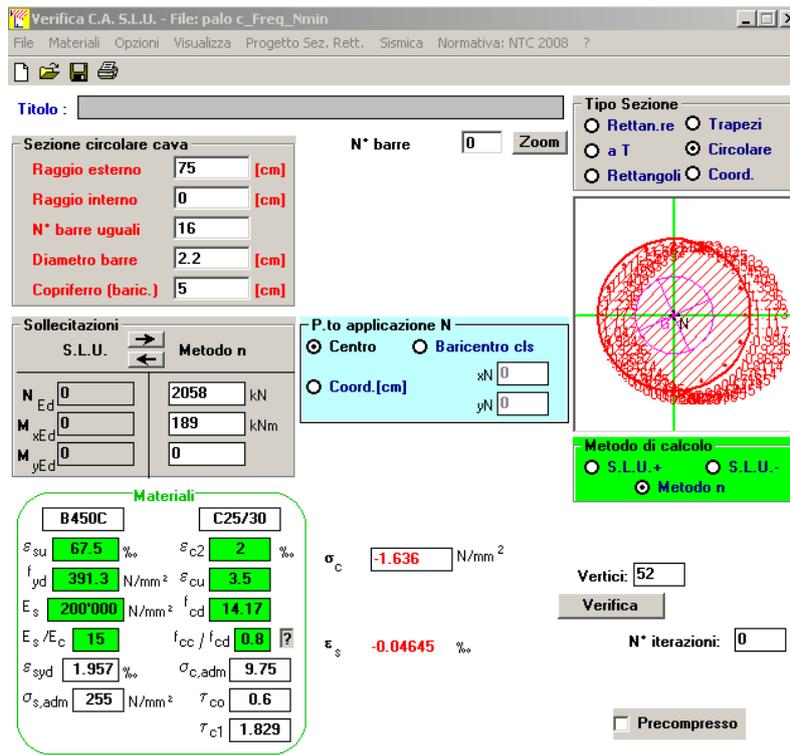


Figura 17: Stato tensionale per la comb. Frequente N<sub>min</sub>

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

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

	SLE_Caratteristica			SLE_Quasi Permanente		
	N	V	M	N	V	M
<b>Comb</b>	kN	kN	kNm	<b>Comb</b>	kN	kNm
Nmax	5236	93	266	Nmax	4140	163
Nmin	1930	81	232	Nmin	2633	163
Vmax	2322	93	266	Vmax	2633	163

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 89 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### Materiali

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

#### Comb\_Nmax      Comb\_Mmax

Rara                      Rara

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

$\sigma_c$	=	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>3.6</b>	<b>2.0</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		4.19	7.50		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

#### Comb\_Nmax      Comb\_Mmax

Quasi Perm.              Quasi Perm.

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

$\sigma_c$	=	11.2	11.2	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>2.7</b>	<b>1.9</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		4.17	5.98		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

#### Comb\_Nmin      Comb\_Mmax

Rara                      Rara

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

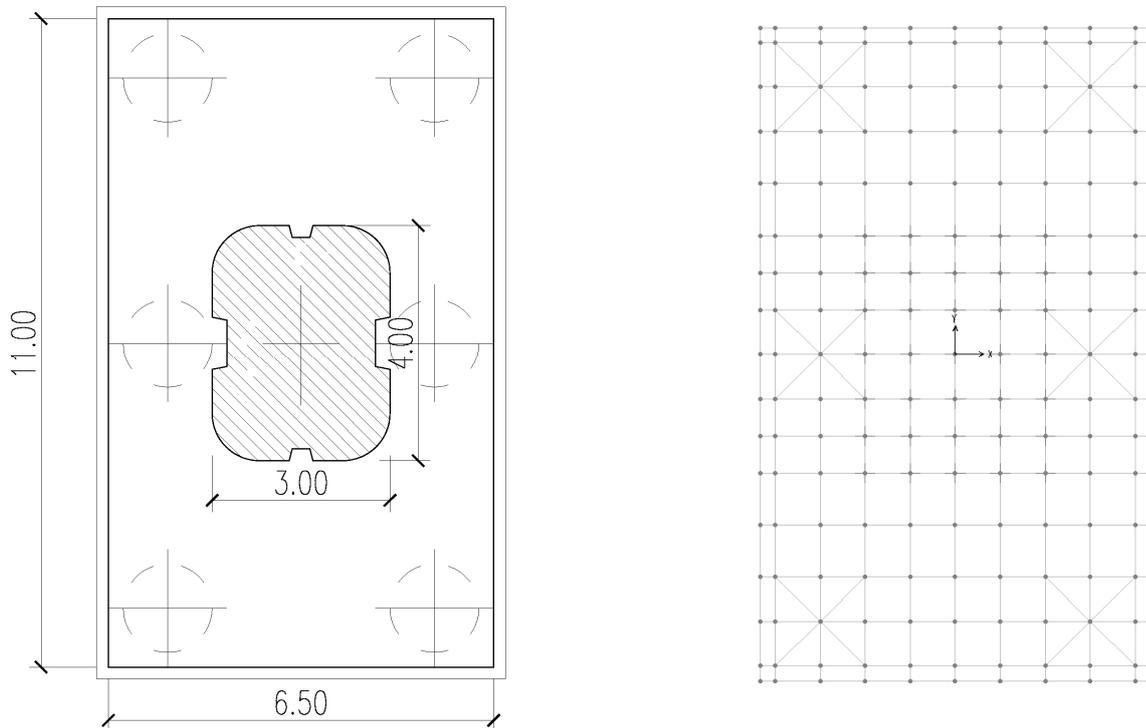
$\sigma_s$	=	360.0	360.0	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	-	-	[MPa]	tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio
		tutta compressa	tutta compressa		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

## 9 ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

Il plinto presenta pianta quadrata di lato 6,50 m  $\times$  11,00 m ed altezza pari a 2,50 m. Esso è fondato su n. 6 pali  $\varnothing$ 1500 mm posti ad interasse di 4.50 m.

Nella presente relazione si riportano le verifiche del solo plinto di fondazione della carreggiata sinistra in corrispondenza della pila P04 in quanto quella soggetta alle azioni più sfavorevoli.

I risultati ottenuti si estendono a tutti i plinti della carreggiata sinistra.



**Figura 18: Plinto di Fondazione carreggiata SX – per pila Tipo A**

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

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

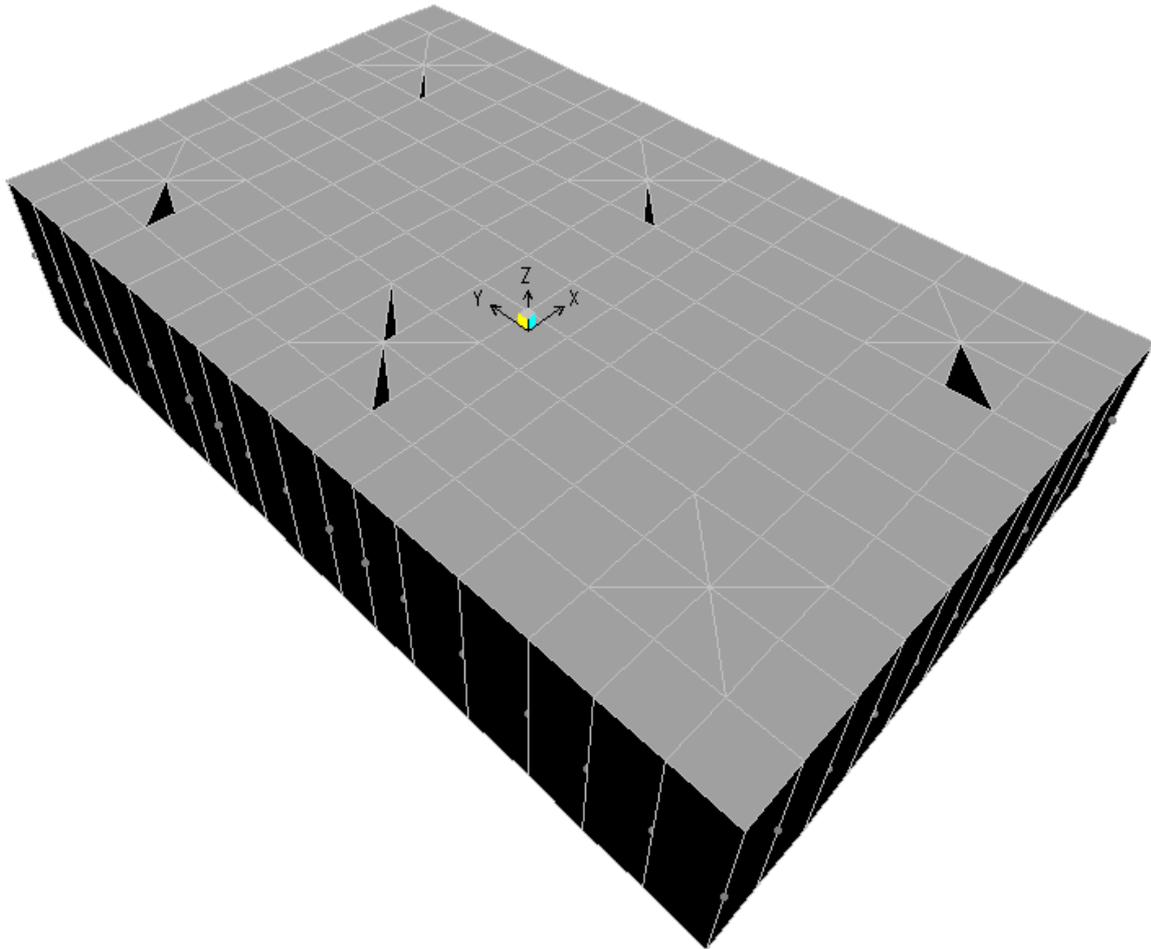


Figura 19: Vista 3d del modello agli elementi finiti

## 9.1 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

Il plinto risulta sollecitato da forze concentrate in corrispondenza dei pali. I valori di tali azioni sono quelli determinati ai precedenti paragrafi dedicati all'analisi delle palificate. In particolare, di seguito si riportano le azioni sui pali della pila P05 della carreggiata sinistra, alle quali si fa riferimento per il dimensionamento di tutti i plinti di questa tipologia, in quanto sono le più gravose.

### Azioni Sui Pali della Pila P04 carreggiata sinistra

Joint	LoadCase	N
Text	Combinazioni	KN
P01	SLU-1	4785
P01	SLU-2	4863
P01	SLU-3	6204
P01	SLU-4	6282
P01	SLU-5	4260
P01	SLU-6	4338
P01	SLU-7	5679

P01	SLU-8	5757
P01	SLU-9	4838
P01	SLU-10	4917
P01	SLU-11	6257
P01	SLU-12	6335
P01	SLU-13	4444
P01	SLU-14	4523
P01	SLU-15	5863
P01	SLU-16	5942
P01	SLU-17	4656
P01	SLU-18	4735
P01	SLU-19	6075
P01	SLU-20	6154
P01	SLU-21	4263
P01	SLU-22	4341
P01	SLU-23	5681
P01	SLU-24	5760
P01	SLU-25	4184
P01	SLU-26	4262
P01	SLU-27	6548
P01	SLU-28	6627
P01	SLU-29	3790
P01	SLU-30	3868
P01	SLU-31	6154
P01	SLU-32	6233
P01	SLU-33	4689
P01	SLU-34	4819
P01	SLU-35	6107
P01	SLU-36	6238
P01	SLU-37	4295
P01	SLU-38	4425
P01	SLU-39	5714
P01	SLU-40	5844
P01	SLV-1	4480
P01	SLV-2	4534
P01	SLV-3	3580
P01	SLV-4	3634
P01	SLV-5	3829
P01	SLV-6	3883
P01	SLR-1	3503
P01	SLR-2	3569
P01	SLR-3	4449
P01	SLR-4	4515
P01	SLR-5	3223
P01	SLR-6	3289
P01	SLR-7	4169
P01	SLR-8	4235
P01	SLF-1	3819
P01	SLF-2	3884
P01	SLF-3	4134

P01	SLF-4	4199
P01	SLF-5	3539
P01	SLF-6	3604
P01	SLF-7	3854
P01	SLF-8	3919
P01	SLQP-1	3684
P01	SLQP-2	3738
P02	SLU-1	7345
P02	SLU-2	7445
P02	SLU-3	5901
P02	SLU-4	6001
P02	SLU-5	6975
P02	SLU-6	7075
P02	SLU-7	5531
P02	SLU-8	5631
P02	SLU-9	7146
P02	SLU-10	7246
P02	SLU-11	5703
P02	SLU-12	5802
P02	SLU-13	6869
P02	SLU-14	6968
P02	SLU-15	5425
P02	SLU-16	5525
P02	SLU-17	6964
P02	SLU-18	7064
P02	SLU-19	5521
P02	SLU-20	5620
P02	SLU-21	6687
P02	SLU-22	6787
P02	SLU-23	5243
P02	SLU-24	5343
P02	SLU-25	7445
P02	SLU-26	7545
P02	SLU-27	5039
P02	SLU-28	5139
P02	SLU-29	7168
P02	SLU-30	7268
P02	SLU-31	4762
P02	SLU-32	4862
P02	SLU-33	7002
P02	SLU-34	7169
P02	SLU-35	5559
P02	SLU-36	5725
P02	SLU-37	6725
P02	SLU-38	6891
P02	SLU-39	5281
P02	SLU-40	5448
P02	SLV-1	4896
P02	SLV-2	4965
P02	SLV-3	4592

P02	SLV-4	4661
P02	SLV-5	4242
P02	SLV-6	4311
P02	SLR-1	5112
P02	SLR-2	5195
P02	SLR-3	4150
P02	SLR-4	4233
P02	SLR-5	3626
P02	SLR-6	3709
P02	SLR-7	2663
P02	SLR-8	2746
P02	SLF-1	4791
P02	SLF-2	4874
P02	SLF-3	4470
P02	SLF-4	4554
P02	SLF-5	3305
P02	SLF-6	3388
P02	SLF-7	2984
P02	SLF-8	3067
P02	SLQP-1	3777
P02	SLQP-2	3846
P03	SLU-1	6065
P03	SLU-2	6154
P03	SLU-3	6053
P03	SLU-4	6142
P03	SLU-5	5617
P03	SLU-6	5707
P03	SLU-7	5605
P03	SLU-8	5694
P03	SLU-9	5992
P03	SLU-10	6081
P03	SLU-11	5980
P03	SLU-12	6069
P03	SLU-13	5657
P03	SLU-14	5746
P03	SLU-15	5644
P03	SLU-16	5733
P03	SLU-17	5810
P03	SLU-18	5899
P03	SLU-19	5798
P03	SLU-20	5887
P03	SLU-21	5475
P03	SLU-22	5564
P03	SLU-23	5462
P03	SLU-24	5551
P03	SLU-25	5814
P03	SLU-26	5903
P03	SLU-27	5794
P03	SLU-28	5883
P03	SLU-29	5479

P03	SLU-30	5568
P03	SLU-31	5458
P03	SLU-32	5547
P03	SLU-33	5846
P03	SLU-34	5994
P03	SLU-35	5833
P03	SLU-36	5981
P03	SLU-37	5510
P03	SLU-38	5658
P03	SLU-39	5498
P03	SLU-40	5646
P03	SLV-1	4688
P03	SLV-2	4750
P03	SLV-3	4086
P03	SLV-4	4148
P03	SLV-5	4035
P03	SLV-6	4097
P03	SLR-1	4308
P03	SLR-2	4382
P03	SLR-3	4300
P03	SLR-4	4374
P03	SLR-5	3425
P03	SLR-6	3499
P03	SLR-7	3416
P03	SLR-8	3491
P03	SLF-1	4305
P03	SLF-2	4379
P03	SLF-3	4302
P03	SLF-4	4376
P03	SLF-5	3422
P03	SLF-6	3496
P03	SLF-7	3419
P03	SLF-8	3493
P03	SLQP-1	3730
P03	SLQP-2	3792
P04	SLU-1	4399
P04	SLU-2	4297
P04	SLU-3	5841
P04	SLU-4	5739
P04	SLU-5	3874
P04	SLU-6	3772
P04	SLU-7	5316
P04	SLU-8	5215
P04	SLU-9	4088
P04	SLU-10	3986
P04	SLU-11	5531
P04	SLU-12	5429
P04	SLU-13	3695
P04	SLU-14	3593
P04	SLU-15	5137

P04	SLU-16	5035
P04	SLU-17	4270
P04	SLU-18	4168
P04	SLU-19	5713
P04	SLU-20	5611
P04	SLU-21	3877
P04	SLU-22	3775
P04	SLU-23	5319
P04	SLU-24	5217
P04	SLU-25	3789
P04	SLU-26	3688
P04	SLU-27	6194
P04	SLU-28	6092
P04	SLU-29	3396
P04	SLU-30	3294
P04	SLU-31	5800
P04	SLU-32	5698
P04	SLU-33	4238
P04	SLU-34	4068
P04	SLU-35	5680
P04	SLU-36	5510
P04	SLU-37	3844
P04	SLU-38	3674
P04	SLU-39	5286
P04	SLU-40	5117
P04	SLV-1	2308
P04	SLV-2	2237
P04	SLV-3	2612
P04	SLV-4	2541
P04	SLV-5	2989
P04	SLV-6	2919
P04	SLR-1	3213
P04	SLR-2	3128
P04	SLR-3	4174
P04	SLR-4	4089
P04	SLR-5	2933
P04	SLR-6	2848
P04	SLR-7	3895
P04	SLR-8	3810
P04	SLF-1	3533
P04	SLF-2	3448
P04	SLF-3	3854
P04	SLF-4	3769
P04	SLF-5	3254
P04	SLF-6	3169
P04	SLF-7	3574
P04	SLF-8	3489
P04	SLQP-1	3415
P04	SLQP-2	3344
P05	SLU-1	6959

P05	SLU-2	6878
P05	SLU-3	5539
P05	SLU-4	5458
P05	SLU-5	6589
P05	SLU-6	6508
P05	SLU-7	5169
P05	SLU-8	5089
P05	SLU-9	6396
P05	SLU-10	6316
P05	SLU-11	4976
P05	SLU-12	4896
P05	SLU-13	6119
P05	SLU-14	6039
P05	SLU-15	4699
P05	SLU-16	4619
P05	SLU-17	6578
P05	SLU-18	6498
P05	SLU-19	5158
P05	SLU-20	5078
P05	SLU-21	6301
P05	SLU-22	6220
P05	SLU-23	4881
P05	SLU-24	4800
P05	SLU-25	7051
P05	SLU-26	6971
P05	SLU-27	4685
P05	SLU-28	4604
P05	SLU-29	6774
P05	SLU-30	6694
P05	SLU-31	4407
P05	SLU-32	4327
P05	SLU-33	6552
P05	SLU-34	6418
P05	SLU-35	5132
P05	SLU-36	4998
P05	SLU-37	6274
P05	SLU-38	6140
P05	SLU-39	4854
P05	SLU-40	4720
P05	SLV-1	2724
P05	SLV-2	2668
P05	SLV-3	3624
P05	SLV-4	3568
P05	SLV-5	3402
P05	SLV-6	3346
P05	SLR-1	4821
P05	SLR-2	4754
P05	SLR-3	3875
P05	SLR-4	3808
P05	SLR-5	3335

P05	SLR-6	3268
P05	SLR-7	2389
P05	SLR-8	2322
P05	SLF-1	4506
P05	SLF-2	4439
P05	SLF-3	4190
P05	SLF-4	4123
P05	SLF-5	3020
P05	SLF-6	2953
P05	SLF-7	2704
P05	SLF-8	2637
P05	SLQP-1	3508
P05	SLQP-2	3452
P06	SLU-1	5679
P06	SLU-2	5588
P06	SLU-3	5690
P06	SLU-4	5599
P06	SLU-5	5231
P06	SLU-6	5140
P06	SLU-7	5243
P06	SLU-8	5152
P06	SLU-9	5242
P06	SLU-10	5151
P06	SLU-11	5254
P06	SLU-12	5162
P06	SLU-13	4907
P06	SLU-14	4816
P06	SLU-15	4918
P06	SLU-16	4827
P06	SLU-17	5424
P06	SLU-18	5333
P06	SLU-19	5435
P06	SLU-20	5344
P06	SLU-21	5089
P06	SLU-22	4998
P06	SLU-23	5100
P06	SLU-24	5009
P06	SLU-25	5420
P06	SLU-26	5329
P06	SLU-27	5439
P06	SLU-28	5348
P06	SLU-29	5085
P06	SLU-30	4994
P06	SLU-31	5104
P06	SLU-32	5013
P06	SLU-33	5395
P06	SLU-34	5243
P06	SLU-35	5406
P06	SLU-36	5254
P06	SLU-37	5059

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 99 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

P06	SLU-38	4907
P06	SLU-39	5070
P06	SLU-40	4919
P06	SLV-1	2516
P06	SLV-2	2452
P06	SLV-3	3118
P06	SLV-4	3055
P06	SLV-5	3196
P06	SLV-6	3133
P06	SLR-1	4017
P06	SLR-2	3941
P06	SLR-3	4025
P06	SLR-4	3949
P06	SLR-5	3134
P06	SLR-6	3058
P06	SLR-7	3142
P06	SLR-8	3066
P06	SLF-1	4020
P06	SLF-2	3944
P06	SLF-3	4022
P06	SLF-4	3946
P06	SLF-5	3137
P06	SLF-6	3061
P06	SLF-7	3139
P06	SLF-8	3063
P06	SLQP-1	3461
P06	SLQP-2	3398

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

Il peso proprio è stato valutato in maniera automatica dal codice di calcolo una volta definito lo spessore del plinto, pari a 2,50 m, ed il peso specifico del calcestruzzo, assunto pari a 25,0 kN/m<sup>3</sup>.

Il peso del terreno di ricoprimento, coerentemente con quanto riportato nell'analisi della palificata, è stato determinato assumendo uno spessore del terreno stesso di 1,0 m. Quest'ultima azione è stata implementata nel modello di calcolo come un carico di superficie uniformemente distribuito sull'estradosso del plinto, ma al di fuori della superficie di ingombro della sezione di base della pila, di valore pari a:

$$g_2 = 18.0 \times 1.0 = 18.0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{peso terreno}).$$

Nelle combinazioni di carico allo stato limite ultimo sia il peso proprio del plinto, sia il peso del terreno di ricoprimento, sono stati combinati con le azioni esercitate dai pali impiegando un coefficiente parziale pari a 1,35; nelle combinazioni di carico allo stato limite di salvaguardia della vita ed allo stato limite di esercizio il coefficiente parziale è stato invece assunto di valore pari a 1.

## 9.2 SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M22max, V13max, V23max, ) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a flessione e di quella a taglio.

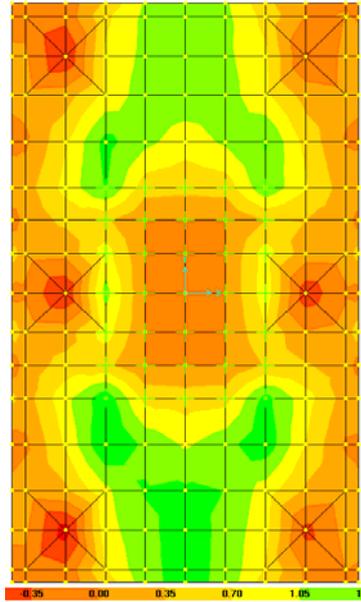


Figura 20: Momento longitudinale  $M_{11}=M_x$

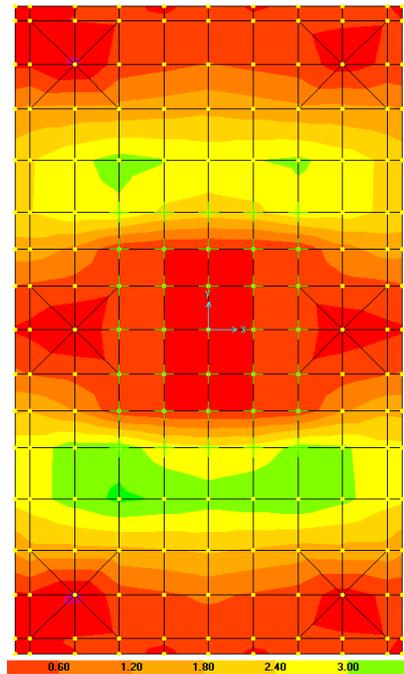


Figura 21: Momento trasversale  $M_{22}=M_y$

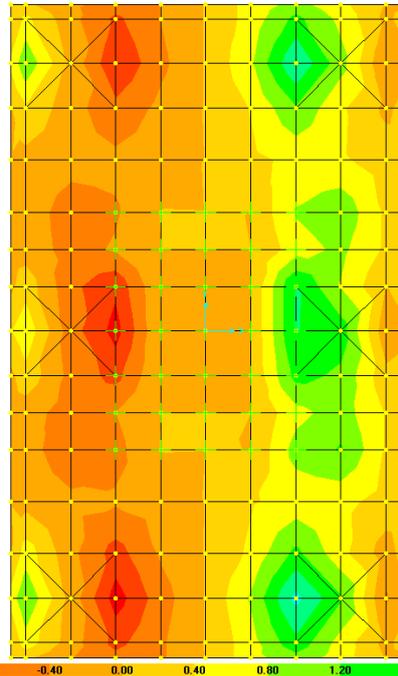


Figura 22: Taglio longitudinale  $V_{13}=F_x$

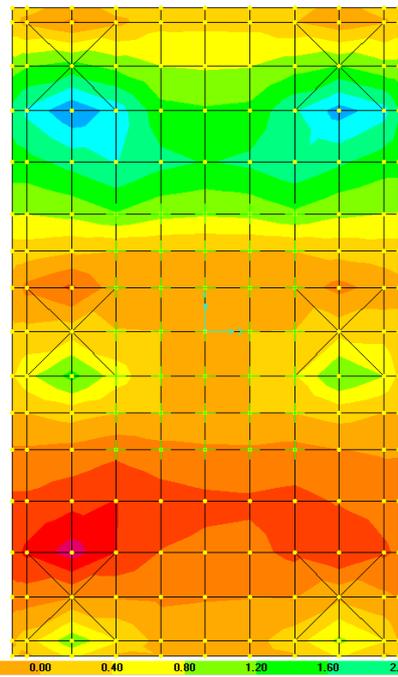


Figura 23: Taglio trasversale  $V_{23}=F_y$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 102 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 9.3 VERIFICA DELLA SEZIONE DEL PLINTO

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

Sulla base delle sollecitazioni ottenute allo S.L.U. è stata disposta l'armatura a flessione. Il momento ultimo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.. Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dell'armatura longitudinale disposta nelle due direzioni e dei momenti resistenti associati:

#### PLINTO DI FONDAZIONE

Momento trasversale M22=My		M <sub>Sd</sub>	M <sub>Rd</sub>	FS	
x1		kNm	kNm		
Arm-inf	10 Φ 26 + 5 Φ 16	3725	5887	1.58	OK momento trasversale My+=M22
Arm-sup	5 Φ 18 + 0 Φ 0	130	1207	9.28	OK momento trasversale My-=M22-
Momento longitudinale M11=Mx		M <sub>Sd</sub>	M <sub>Rd</sub>	FS	
y1		kNm	kNm		
Arm-inf	10 Φ 22 + 0 Φ 0	1752	3597	2.05	OK momento longitudinale Mx+=M11+
Arm-sup	5 Φ 18 + 0 Φ 0	250	1207	4.83	OK momento longitudinale Mx-=M11-

#### 9.3.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si è ritenuto opportuno disporre un cavallotto al metro quadro come armatura resistente a taglio. Considerando una striscia di un metro, la verifica a taglio risulta soddisfatta se:

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

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

$d$ : altezza utile della sezione

$b_w$ : base equivalente della sezione

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

$s$ : interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 103 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### Sollecitazioni

V	=	<b>1450</b>	<b>2500</b>	kN	taglio
N	=	<b>0</b>	<b>0</b>	kN	sforzo normale (>0 compressione)

### Geometria

B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	2500	2500	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	2450	2450	mm	altezza utile

### Materiali

$R_{ck}$	=	30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$\gamma_s$	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

### Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

$A_{sl}$	=	5073.7	7586.9	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
$\rho_l$	=	0.00203	0.00303		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
$v_{min}$	=	0.3	0.3		
$\sigma_{cp}$	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.0	MPa	tensione media di compressione adottata ( $\leq 0.2f_{cd}$ )
$V_{Rd}$	=	<b>648.7</b>	<b>741.8</b>	kN	taglio resistente
FS	=	0.4	0.3		
check	=	<b>NO</b>	<b>NO</b>		

### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\varnothing_w$	=	24	24	mm	diametro armatura resistente a taglio
a	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	500	500	mm	interasse armature a taglio
$n_{br}$	=	2.0	2.0		numero bracci armatura trasversale
$A_{sw}$	=	904.78	904.78	mm <sup>2</sup>	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\theta (V)$	=	26.8	15.5		
$ctg\theta$	=	2.5	2.5		
$\theta$	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
$V_{Rsd}$	=	<b>3903.33</b>	<b>3903.33</b>	kN	taglio resistente armatura
$a_c$	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
$f'_{cd}$	=	7.06	7.06	MPa	resistenza ridotta
$V_{Rcd}$	=	<b>11111.6</b>	<b>11111.6</b>	kN	taglio resistente calcestruzzo
$V_{Rd}$	=	<b>3903.3</b>	<b>3903.3</b>	kN	taglio resistente sezione
FS	=	2.7	1.6		
check	=	<b>OK</b>	<b>OK</b>		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 104 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 9.3.3 S.L.E. – Fessurazione

Le verifiche di fessurazione vengono condotte in relazione alle indicazioni riportate negli Eurocodici (in particolare si veda EN 1992-1-1 cap. 7.3) e riprese sia dalle NTC (cap. 4.1.2.2.4) che dalla Circolare n.617. È richiesto in particolare, laddove il momento agente superi quello di fessurazione, di verificare che la tensione nelle barre di armatura rientri in determinati limiti (dipendenti dal diametro e dalla spaziatura dei ferri) o in alternativa di controllare che l'ampiezza della fessura che si apre non superi un determinato valore (funzione dello stato limite, delle condizioni ambientali e del tipo di armatura).

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali ordinarie (classe di esposizione XC2).

Condizioni ambientali: **ordinarie**

Armature: **poco sensibili**

	<b>Momento trasversale M22=My</b>	
Comb	inf	sup
SLE-F	2300	90
SLE-QP	830	100
	<b>Momento longitudinale M11=Mx</b>	
Comb	inf	sup
SLE-F	1115	150
SLE-QP	1790	50

		comb.		comb.			
		FREQUENTE		FREQUENTE			
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My			
MATERIALI		inf	sup	inf	sup		
Calcestruzzo							
R <sub>ck</sub>	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f <sub>ctm</sub>	=	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f <sub>ctd</sub>	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E <sub>c</sub>	=	31447	31447	31447	31447	MPa	modulo di Young
Acciaio							
E <sub>s</sub>	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Busita III</b>	
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX	
	Pagina 105 di 119	
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc	

n	=	15	15	15	15	coefficiente di omogeneizzazione	
GEOMETRIA SEZIONE							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	2500	2500	2500	2500	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
numero barre							
n1 (superiore)	=	5	10	5	10	numero barre strato 1	
n2	=				5	numero barre strato 2	
n3	=					numero barre strato 3	
n4	=					numero barre strato 4	
n5	=					numero barre strato 5	
n6	=					numero barre strato 6	
n7	=			5		numero barre strato 7	
n8 (inferiore)	=	10	5	10	5	numero barre strato 8	
diametro barre							
Ø1	=	18	22	18	26	mm	diametro barre strato 1
Ø2	=				16	mm	diametro barra strato 2
Ø3	=					mm	diametro barra strato 3
Ø4	=					mm	diametro barra strato 4
Ø5	=					mm	diametro barra strato 5
Ø6	=					mm	diametro barra strato 6
Ø7	=			16		mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	22	18	26	18	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	2450	2450	2450	2450	mm	ordinata barre strato 1
y2	=				2420	mm	ordinata barre strato 2
y3	=					mm	ordinata barre strato 3
y4	=					mm	ordinata barre strato 4
y5	=					mm	ordinata barre strato 5
y6	=					mm	ordinata barre strato 6
y7	=			80		mm	ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A <sub>s1</sub>	=	1272	3801	1272	5309	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	0	0	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	0	0	1005	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	3801	1272	5309	1272	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI							
M	=	1115	150	2300	90	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	459.7	247.9	577.6	228.0	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 106 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

$Y_n$	=	2040	2252	1922	2272	mm	ordinata asse neutro
A	=	535815	324055	691432	341827	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	261458038688	99860012937	399939035370	101033313279	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
$\sigma_c$	=	-1.96	-0.37	-3.32	-0.20	MPa	tensione calcestruzzo
$\sigma_s$	=	127.32	49.62	161.52	29.69	MPa	tensione massima acciaio

**VERIFICA A FESSURAZIONE**

sezione tesa

$M_{fess}$	=	2440.6	2372.6	2563.8	2425.9	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	2.2	15.8	1.1	27.0		check ok se >1

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento longitudinale M11=MX		Momento trasversale M22=My			
MATERIALI		inf	sup	inf	sup		
<b>Calcestruzzo</b>							
$R_{ck}$	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$E_c$	=	31447	31447	31447	31447	MPa	modulo di Young
<b>Acciaio</b>							
$E_s$	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione

**GEOMETRIA SEZIONE**

B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	2500	2500	2500	2500	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro

**ARMATURA**

numero barre

n1 (superiore)	=	5	10	5	10		numero barre strato 1
n2	=				5		numero barre strato 2
n3	=						numero barre strato 3
n4	=						numero barre strato 4
n5	=						numero barre strato 5
n6	=						numero barre strato 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>	<b>Opera: Busita III</b>				
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX				
	Pagina 107 di 119				
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc				

n7	=			<b>5</b>		numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	numero barre strato 8
diametro barre						
Ø1	=	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	mm diametro barre strato 1
Ø2	=				<b>16</b>	mm diametro barra strato 2
Ø3	=					mm diametro barra strato 3
Ø4	=					mm diametro barra strato 4
Ø5	=					mm diametro barra strato 5
Ø6	=					mm diametro barra strato 6
Ø7	=			<b>16</b>		mm diametro barra strato 7
Ø8	=	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	mm diametro barra strato 8
ordinate barre						
y1	=	<b>2450</b>	<b>2450</b>	<b>2450</b>	<b>2450</b>	mm ordinata barre strato 1
y2	=				<b>2420</b>	mm ordinata barre strato 2
y3	=					mm ordinata barre strato 3
y4	=					mm ordinata barre strato 4
y5	=					mm ordinata barre strato 5
y6	=					mm ordinata barre strato 6
y7	=			<b>80</b>		mm ordinata barre strato 7
y8	=	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	mm ordinata barre strato 8
area barre						
A <sub>s1</sub>	=	1272	3801	1272	5309	mm <sup>2</sup> area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	0	0	1005	mm <sup>2</sup> area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup> area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup> area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup> area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup> area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	0	0	1005	0	mm <sup>2</sup> area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	3801	1272	5309	1272	mm <sup>2</sup> area barre strato 8
SOLLECITAZIONI						
M	=	<b>830</b>	<b>100</b>	<b>1790</b>	<b>50</b>	kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	kN sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI						
cs	=	1	1	1	1	
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	
an	=	459.7	247.9	577.6	228.0	mm asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y <sub>n</sub>	=	2040	2252	1922	2272	mm ordinata asse neutro
A	=	535815	324055	691432	341827	mm <sup>2</sup> area sezione reagente
J	=	261458038688	99860012937	399939035370	101033313279	mm <sup>4</sup> momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup> momento statico sezione reagente
σ <sub>c</sub>	=	-1.46	-0.25	-2.59	-0.11	MPa tensione calcestruzzo
σ <sub>s</sub>	=	94.77	33.08	125.70	16.49	MPa tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE						
sezione tesa						
M <sub>fess</sub>	=	2440.6	2372.6	2563.8	2425.9	kNm momento di fessurazione
FS=M <sub>fess</sub> /M <sub>Sd</sub>	=	2.9	23.7	1.4	48.5	check ok se >1

Tutte le verifiche risultano soddisfatte, in quanto il momento di fessurazione è sempre maggiore del momento agente.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 108 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

	Momento trasversale M22=My	
Comb	inf	sup
SLE-R	2530	100
SLE-QP	830	100
	Momento longitudinale M11=Mx	
Comb	inf	sup
SLE-R	1200	160
SLE-QP	1790	50

		comb. Rara	comb. Rara	comb. Rara	comb. Rara		
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My			
		inf	sup	inf	sup		
<b>MATERIALI</b>							
<b>Calcestruzzo</b>							
$R_{ck}$	=	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$E_c$	=	31447	31447	31447	31447	MPa	modulo di Young
<b>Acciaio</b>							
$E_s$	=	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	<b>206000</b>	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
$n$	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>		coefficiente di omogeneizzazione
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>							
$B$	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	larghezza
$H$	=	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	<b>2500</b>	mm	altezza
$c'$	=	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	mm	copriferro
<b>ARMATURA</b>							
numero barre							

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Busita III</b>				
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX				
	Pagina 109 di 119				
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc				

n1 (superiore)	=	5	10	5	10		numero barre strato 1
n2	=				5		numero barre strato 2
n3	=						numero barre strato 3
n4	=						numero barre strato 4
n5	=						numero barre strato 5
n6	=						numero barre strato 6
n7	=			5			numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	10	5	10	5		numero barre strato 8
diametro barre							
Ø1	=	18	22	18	26	mm	diametro barre strato 1
Ø2	=				16	mm	diametro barra strato 2
Ø3	=					mm	diametro barra strato 3
Ø4	=					mm	diametro barra strato 4
Ø5	=					mm	diametro barra strato 5
Ø6	=					mm	diametro barra strato 6
Ø7	=			16		mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	22	18	26	18	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	2450	2450	2450	2450	mm	ordinata barre strato 1
y2	=				2420	mm	ordinata barre strato 2
y3	=					mm	ordinata barre strato 3
y4	=					mm	ordinata barre strato 4
y5	=					mm	ordinata barre strato 5
y6	=					mm	ordinata barre strato 6
y7	=			80		mm	ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A <sub>s1</sub>	=	1272	3801	1272	5309	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	0	0	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	0	0	1005	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	3801	1272	5309	1272	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	1200	160	2530	100	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	459.7	247.9	577.6	228.0	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y <sub>n</sub>	=	2040	2252	1922	2272	mm	ordinata asse neutro
A	=	535815	324055	691432	341827	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	261458038688	99860012937	399939035370	101033313279	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
<b>Verifica tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>							
σ <sub>c</sub>	=	-2.11	-0.40	-3.65	-0.23	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>c,max</sub>	=	-14.94	-14.94	-14.94	-14.94	MPa	massima tensione del cls da normativa

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Busita III</b>	
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX	
	Pagina 110 di 119	
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc	

FS		7.08	37.61	4.09	66.20	check ok se >1
<b>Verifica tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</b>						
$\sigma_s$	=	137.02	52.92	177.67	32.99	MPa tensione massima acciaio
$\sigma_{s,max}$	=	360.00	360.00	360.00	360.00	MPa massima tensione dell'acciaio normativa
FS		2.63	6.80	2.03	10.91	check ok se >1
		<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	
		<b>Quasi Perm.</b>	<b>Quasi Perm.</b>	<b>Quasi Perm.</b>	<b>Quasi Perm.</b>	
		Momento longitudinale M11=MX		Momento trasversale M22=My		
MATERIALI		inf	sup	inf	sup	
Calcestruzzo						
$R_{ck}$	=	30	30	30	30	MPa resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa resistenza media a trazione per flessione
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa resistenza di calcolo a trazione
$E_c$	=	31447	31447	31447	31447	MPa modulo di Young
Acciaio						
$E_s$	=	206000	206000	206000	206000	MPa modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15	coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n	=	15	15	15	15	coefficiente di omogeneizzazione
GEOMETRIA SEZIONE						
B	=	1000	1000	1000	1000	mm larghezza
H	=	2500	2500	2500	2500	mm altezza
c'	=	50	50	50	50	mm copriferro
ARMATURA						
numero barre						
n1 (superiore)	=	5	10	5	10	numero barre strato 1
n2	=				5	numero barre strato 2
n3	=					numero barre strato 3
n4	=					numero barre strato 4
n5	=					numero barre strato 5
n6	=					numero barre strato 6
n7	=			5		numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	10	5	10	5	numero barre strato 8
diametro barre						
Ø1	=	18	22	18	26	mm diametro barre strato 1
Ø2	=				16	mm diametro barra strato 2
Ø3	=					mm diametro barra strato 3

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Busita III</b>				
	<b>Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX</b>				
	Pagina 111 di 119				
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc				

Ø4	=					mm	diametro barra strato 4
Ø5	=					mm	diametro barra strato 5
Ø6	=					mm	diametro barra strato 6
Ø7	=			16		mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	22	18	26	18	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	2450	2450	2450	2450	mm	ordinata barre strato 1
y2	=				2420	mm	ordinata barre strato 2
y3	=					mm	ordinata barre strato 3
y4	=					mm	ordinata barre strato 4
y5	=					mm	ordinata barre strato 5
y6	=					mm	ordinata barre strato 6
y7	=			80		mm	ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A <sub>s1</sub>	=	1272	3801	1272	5309	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s2</sub>	=	0	0	0	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 2
A <sub>s3</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 3
A <sub>s4</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 4
A <sub>s5</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 5
A <sub>s6</sub>	=	0	0	0	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 6
A <sub>s7</sub>	=	0	0	1005	0	mm <sup>2</sup>	area barre strato 7
A <sub>s8</sub>	=	3801	1272	5309	1272	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	830	100	1790	50	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN	sforzamento normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	459.7	247.9	577.6	228.0	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y <sub>n</sub>	=	2040	2252	1922	2272	mm	ordinata asse neutro
A	=	535815	324055	691432	341827	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	261458038688	99860012937	399939035370	101033313279	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
σ <sub>c</sub>	=	-1.46	-0.25	-2.59	-0.11	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>c,max</sub>	=	-11.21	-11.21	-11.21	-11.21	MPa	massima tensione del cls da normativa
FS	=	7.68	45.13	4.33	99.30		check ok se >1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 112 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

## 10 VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b
peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.1	20.1	20.4
peso saturo $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.1	20.1	20.4
coesione non dren. $c_u$ (kPa)	130	176	191
coesione dren. $c'$ (kPa)	21	22	28
angolo attrito $\phi'$ (°)	15	18	21

Tabella 9: Parametri fisico-meccanici usati nelle verifiche geotecniche

### 10.1 CARICO LIMITE VERTICALE

#### 10.1.1 Criteri di calcolo del carico limite verticale

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

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

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

Tabella 10: Valori del coefficiente  $\alpha$  in funzione di  $c_u$

Il coefficiente di tensione orizzontale  $k$  è stato determinato con la formula di Jacky:

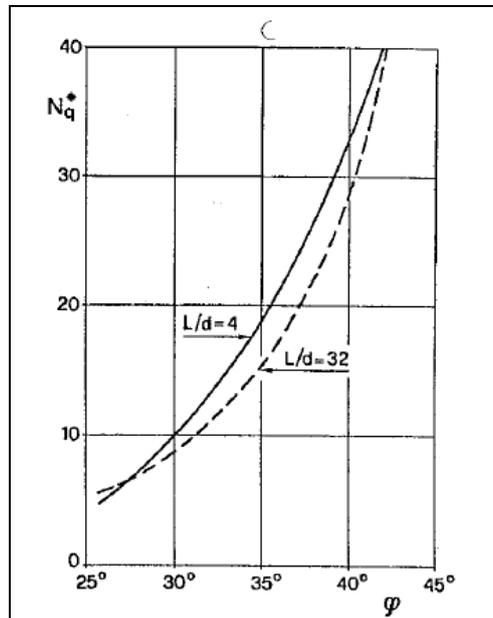
$$k = 1 - \sin \phi'$$

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

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale **resistenza** si mobilita per cedimenti prossimi al 25% del diametro del palo) considerando  $N_q$  i valori desunti dal grafico riportato in Figura.

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

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



**Tabella 11: Coefficienti  $N_q$**

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b
coeff. $N_q$ (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. $N_c$ (cond. drenate)	11.3	9.1	7.7

**Tabella 12: Coefficienti  $N_q$  ed  $N_c$  assunti per le diverse unità geotecniche**

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

Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto ogni opera (pila/spalla).

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

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRV1	3	0	3
2° strato	TRV2a	6	3	9
3° strato	TRV2b	36	9	45

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

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRV1	1	0	1
2° strato	TRV2a	6	1	7
3° strato	TRV2b	38	7	45

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

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRV1	1	0	1
2° strato	TRV2a	8	1	9
3° strato	TRV2b	36	9	45

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 114 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 4 - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRV1	2	0	2
2° strato	TRV2a	8	2	10
3° strato	TRV2b	35	10	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 5 - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRV2a	8	0	8
2° strato	TRV2b	37	8	45

### 10.1.2 Criteri di verifiche

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 115 di 119
	Nome file: V108-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

**Tabella 13: Coefficienti parziali per le azioni o effetti delle azioni (tab. 6.2.I del DM14-01-2008)**

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

**Tabella 14: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni (tab. 6.2.II del DM14-01-2008)**

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

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

**Tabella 15: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche**

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

Nel caso specifico, le verifiche geotecniche (GEO) in termini di capacità portante dei pali sono state condotte sulla base dell'approccio:

**Approccio 2**, con i coefficienti parziali → A1+M1+R3.

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate. Considerando l'adozione di una sola relazione analitica per la valutazione del carico limite si è assunto il fattore  $\xi_3$ . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è **6**.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 116 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

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

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

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

**Tabella 16: Fattori di correlazione  $\xi$**

### 10.1.3 Risultati

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche per i pali delle spalle.

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  $\gamma_p = \gamma_{c.a} - \gamma_t$ ).

Nelle tabelle di seguito si riporta il riepilogo dei risultati delle verifiche geotecniche dei pali delle pile per ciascuna carreggiata e per fissata lunghezza palo.

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	5560.37	3552.73	1.5	<b>6</b>	<b>24</b>	276.97	7091.4	6696.0
Pila2	6824.59	4560.78	1.5	<b>6</b>	<b>28</b>	314.67	9090.6	7737.6
Pila3	7378.16	4825.06	1.5	<b>6</b>	<b>28</b>	316.10	8856.0	7696.5
Pila4	7545.14	4965.12	1.5	<b>6</b>	<b>28</b>	319.20	8808.0	7628.7
Pila5	7479.15	5354.29	1.5	<b>6</b>	<b>28</b>	313.00	8902.3	7764.2

**Tabella 17: Carreggita Sinistra - Riepilogo dei risultati**

## 10.2 CARICO LIMITE ORIZZONTALE

### 10.2.1 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:

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 117 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

### 10.2.2 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)
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

### 10.2.3 Risultati carreggiata sinistra

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

#### Palo più sollecitato carreggiata di sinistra

Dati di Calcolo	Condizioni non drenate			
	Pila 05			
D	=	1.500	m	diametro palo
L	=	28.00	m	lunghezza palo
$M_y$	=	2100	kNm	momento di plasticizzazione del palo
$c_u$	=	174	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	60591	kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	916439	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	22402	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	9.5	m	
$M_{max}$	=	154945.9	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	1619	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1619.1	kN	carico limite (valore medio)
$\xi$	=	1.5		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1079.4	kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	830.3	kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$		247	kN	azione trasversale testa palo
check		3.36		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>Busita III</b>
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata SX
	Pagina 118 di 119
	Nome file: VI08-C-CL004_C.00_relazione_calcolo_pile_SX.doc

Dati di Calcolo		Condizioni drenate		
		Pila 05		
D	=	1.500	m	diametro palo
L	=	28.00	m	lunghezza palo
L/D	=	18.67	m	
M <sub>y</sub>	=	2100	kNm	momento di plasticizzazione del palo
φ'	=	19	°	angolo d'attrito
k <sub>p</sub>	=	2.0		coefficiente di spinta passiva
γ	=	20	kN/m <sup>3</sup>	peso unità di volume
<u>palo corto</u>				
Q <sub>lim,1</sub>	=	69736	kN	carico limite per palo corto
M <sub>max</sub>	=	1301736	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
Q <sub>lim,2</sub>	=	23320	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	16.3	m	
M <sub>max</sub>	=	252813	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q <sub>lim,3</sub>	=	1541.8	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	1541.8	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	1027.9	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ <sub>T</sub>	=	1.30		coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	790.7	kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>	=	247	kN	azione trasversale testa palo
check	=	3.20		se >1 verifica soddisfatta