

ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

Viadotto Arenella I

Relazione di Calcolo Pile - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 5 5 V I 2 1 2 V I 1 2 C C L 0 0 5 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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 2 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

INDICE

1	GENERALITÀ	4
1.1	INTRODUZIONE	4
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	4
1.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
1.3.1	Condizioni ambientali e classi di esposizione	6
1.3.2	Calcestruzzo	7
1.3.3	Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata	8
1.4	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	9
2	ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO	10
2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	10
2.1.1	Calcolo della rigidezza effettiva delle pile	11
2.2	ANALISI DEI CARICHI	11
2.2.1	Peso Proprio (g1)	11
2.2.2	Permanenti portati su impalcato (g2)	11
2.2.3	Effetti del ritiro (ϵ_2)	12
2.2.4	Effetti della temperatura (ϵ_3)	12
2.2.5	Carichi mobili (q1)	13
2.2.6	Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)	14
2.2.7	Azione di frenatura/accelerazione (q3)	14
2.2.8	Forza centrifuga (q4)	14
2.2.9	Azione di neve, vento (q5)	14
2.2.10	Azione sismica (q6)	15
2.2.11	Resistenza parassita dei vincoli (q7)	19
2.3	RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO	19
3	SOLLECITAZIONI SULLE PILE	21
3.1	SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	21
3.1.1	Sollecitazioni nella sezione di base delle pile	21
3.1.2	Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino	23
3.1.3	Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata	26
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO	27
3.3	SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	29
3.3.1	Sollecitazioni nella sezione di base delle pile	29
3.3.2	Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino	36
3.3.3	Sollecitazioni sulla palificata	41
4	VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE	58
4.1	S.L.U. – VERIFICA DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI	58
4.2	S.L.U. – VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO	60
4.3	S.L.E. – FESSURAZIONE	62
4.4	S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI	64
5	EFFETTI DEL SECONDO ORDINE	66
5.1	METODO DELLA CURVATURA NOMINALE	66
5.1.1	Valutazione della snellezza	66
5.1.2	Viscosità	67
5.1.3	Momenti flettenti	67
5.1.4	Curvatura	68
5.1.5	Flessione deviata	69
5.2	VERIFICA ALL'INSTABILITÀ	70
5.2.1	Verifica di resistenza per l'instabilità. Momenti di calcolo al secondo ordine	70

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 3 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

6	VERIFICA DEL PULVINO	80
6.1	VERIFICA BAGGIOLI	82
7	DISPOSITIVI ANTISISMICI	84
8	VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE	89
8.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	89
8.1.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	90
8.1.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	92
8.1.3	S.L.E. – Fessurazione.....	93
8.1.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni.....	95
9	ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE	97
9.1	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO	99
9.2	SOLLECITAZIONI	100
9.3	S.L.U. – VERIFICA PER TENSIONI NORMALI.....	107
9.4	S.L.U. – VERIFICA A TAGLIO.....	108
9.5	S.L.E. – FESSURAZIONE	110
9.6	S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI	112
10	VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI.....	115
10.1	CARICO LIMITE VERTICALE	115
10.1.1	Criteri di calcolo del carico limite verticale	115
10.1.2	Criteri di verifiche	117
10.1.3	Risultati	119
10.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	119
10.2.1	Criteri di calcolo del carico limite orizzontale	119
10.2.2	Criteri di verifica	120
10.2.3	Risultati	120

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 4 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

1 GENERALITÀ

1.1 INTRODUZIONE

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

1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO

Il viadotto in esame è a carreggiate separate (carreggiata dx e carreggiata sx). Esso presenta un tracciato planimetrico con raggio di curvatura minimo pari a 1188 m. La carreggiata in esame è composta da n. 6 campate le cui luci sono riportate in tabella.

Tabella 1.1 - Campate carreggiata Destra

Carreggiata DX	
Numero campata	L [m]
1	30.00
2	31.00
3	31.00
4	31.00
5	31.00
6	31.00

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

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da 4 travi a cassoncino, di altezza 1800 mm, disposte ad interasse trasversale di 2.5 m, con larghezza complessiva 13.23 m; la soletta ha uno spessore di 250 mm, al lordo delle predelle che ne sostengono il getto.

Il piano viabile è di 11.25 m di larghezza, e lateralmente sono realizzati due cordoli di larghezza 0.75 m ed 1.23 m, quest'ultimo pedonabile.

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

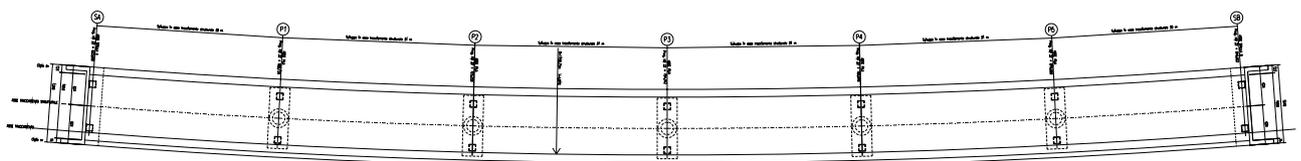


Figura 1.1 - Pianta impalcato.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 5 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

Tabella 1.2 - Altezza Pile

CARREGGIATA DX			
PILA	H _{fusto} [m]	H _{pulvino} [m]	H [m]
P01	4.50	1.5	6.00
P02	11.00	1.5	12.50
P03	9.00	1.5	10.50
P04	5.00	1.5	6.50
P05	3.00	1.5	4.50

Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro. In particolare la palificata è costituita da 8 pali di diametro Ø1200 mm, posti ad interasse di 3.60 m. I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50m a pianta rettangolare di dimensioni 8.20 m x 9.20 m

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

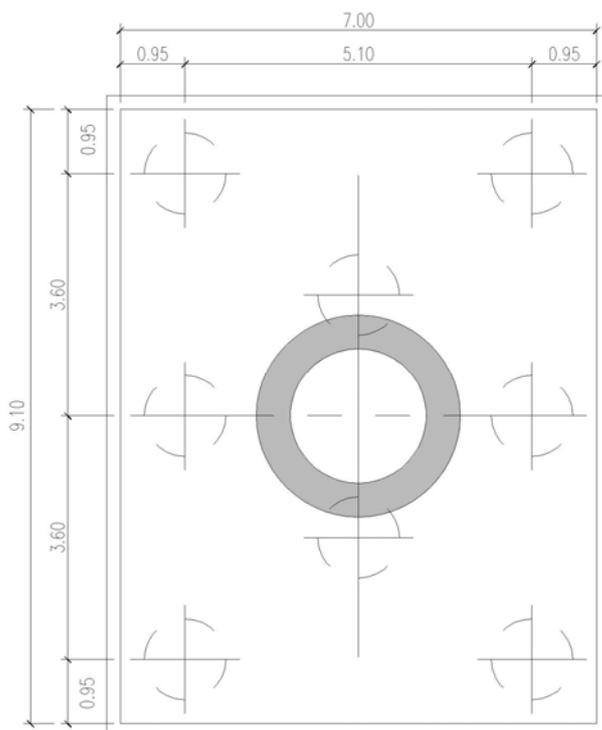


Figura 1.2 – Pianta fondazione pile.

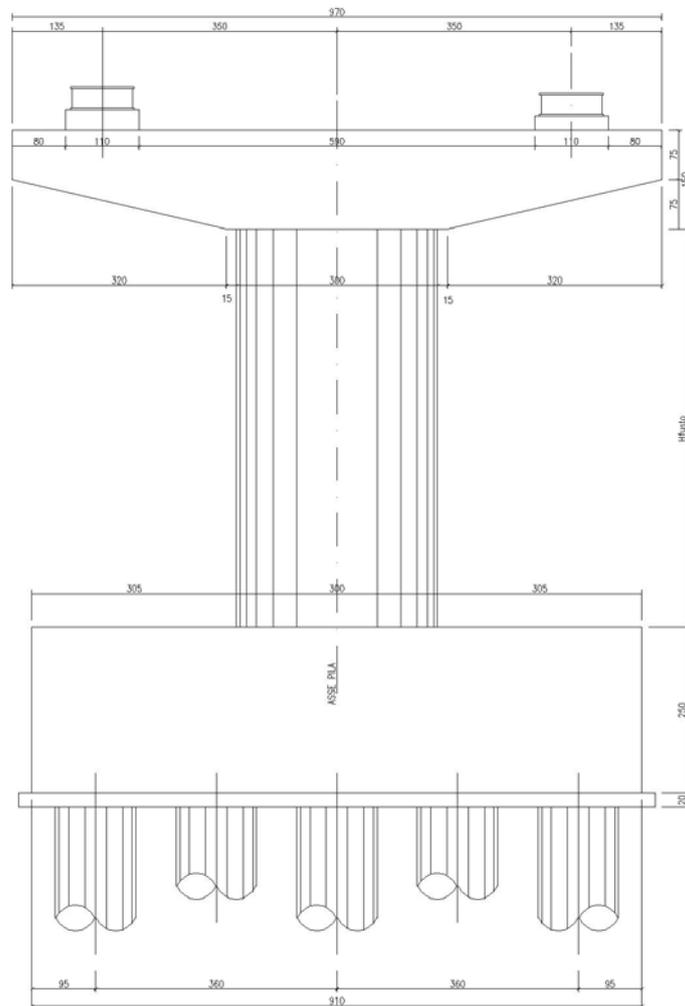


Figura 1.3 - Prospetto trasversale pila.

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

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

1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.3.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 7 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

1.3.2 Calcestruzzo

Calcestruzzo PALI C32/40

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

Calcestruzzo ZATTERE C32/40

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

Calcestruzzo ELEVAZIONE C25/30

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 8 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

f_{ctm}	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f_{ctd}	=	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza
Calcestruzzo BAGGIOLI C25/30				
R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_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
σ_t	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF2				classe di esposizione
S4				classe di consistenza

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

ACCIAIO PER C.A. B450C

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 9 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

1.4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 10 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.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 rigidezze e delle masse della struttura reale. In questo capitolo, in particolare, si descrive il modello implementato per schematizzare la carreggiata sinistra del viadotto.

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

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

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

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

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

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

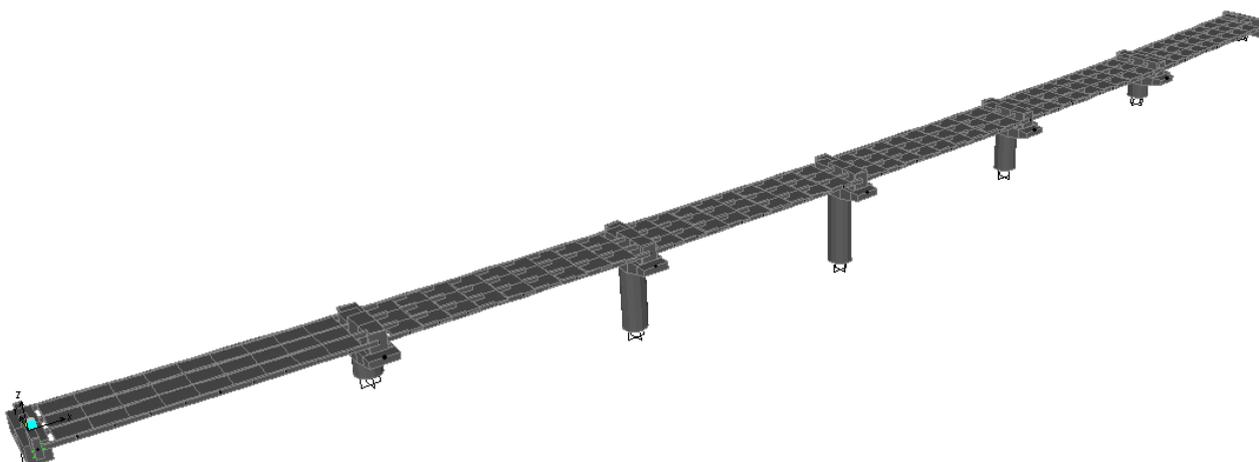


Figura 2.1: Modello numerico carreggiata DX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 11 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc



Figura 2.2 - Modello agli elementi finiti della Pila.

2.1.1 Calcolo della rigidezza effettiva delle pile

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

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

dove:

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

χ_y = curvatura di snervamento (calcolata sui diagrammi M- χ)

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

2.2 ANALISI DEI CARICHI

2.2.1 Peso Proprio (g1)

Il peso proprio delle travi (comprehensive di soletta), dei trasversi e delle pile viene fatto calcolare automaticamente dal codice di calcolo assumendo un peso specifico del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

2.2.2 Permanenti portati su impalcato (g2)

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 12 di 121
	Nome file: VI12-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

Permanententi portati (g₂)

	carico unitario [kPa]	larghezza [m]	carico lineare [kN/m]		
g _{2.1.sxD}	2.50	3.37	8.41	kN/m	pavimentazione lato trave sx D
g _{2.1.sxC}	2.50	2.50	6.25	kN/m	pavimentazione lato trave sx C
g _{2.1.dxB}	2.50	2.50	6.25	kN/m	pavimentazione lato trave dx B
g _{2.1.dxA}	2.50	2.89	7.21	kN/m	pavimentazione lato trave dx A
g _{2.3.sxD}	-	-	1.00	kN/m	guard-rail sx
g _{2.3.dxA}	-	-	1.00	kN/m	guard-rail dx
g _{2.4.dxA}	-	-	1.50	kN/m	barriera dx
g _{2.5.sxD}	-	-	1.00	kN/m	veletta sx
g _{2.5.dxA}	-	-	1.00	kN/m	veletta dx
g ₂			33.63	kN/m	permanente portato totale
g _{2.sxD}			10.41	kN/m	permanente portato su trave sx D
g _{2.sxC}			6.25	kN/m	permanente portato su trave sx C
g _{2.dxB}			6.25	kN/m	permanente portato su trave dx B
g _{2.dxA}			10.71	kN/m	permanente portato su trave dx A

2.2.3 Effetti del ritiro (ε₂)

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

Ritiro (e₂)

	TRAV-bordo	TRAV-cen		
ε _{sh}	= 0.00030	0.00030		deformazione da ritiro
E* _c	= 11214	11214	MPa	modulo elastico ridotto cls per fenomeni viscosi
σ _{sh}	= 3.36	3.36	MPa	trazione nel calcestruzzo
A _c	= 0.93	0.625	m ²	area conglomerato
N _{sh}	= 3112	2103	kN	trazione nella soletta
e	= 0.53	0.6323	m	eccentricità soletta rispetto al baricentro della sezione composta
M _{sh}	= 1649	1330	kN*m	momento flettente nella trave
N _{rt}	= 3112	2103	kN	compressione su ciascuna trave
M _{rt}	= 1649	1330	kN*m	momento flettente su ciascuna trave
A _{SAP}	= 0.925	0.625	m ²	area sezione SAP2000
J _{SAP}	= 0.676	0.711	m ⁴	momento d'inerzia sezione SAP2000
ε _{rit}	= 9.238E-05	9.238E-05		epsilon da assegnare alle travi sap in segno negativo
χ _{rit}	= 6.696E-05	5.136E-05		chi da assegnare alle travi sap in segno negativo

2.2.4 Effetti della temperatura (ε₃)

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 ΔT_{M1} = +15 °C/m (estradosso più caldo dell'intradosso) e ΔT_{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: ΔT_{N1} = -26 °C e ΔT_{N2} = +34 °C.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 13 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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 (q1)

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

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

Corsia di carico n.1 costituita da:

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

Corsia di carico n. 2 costituita da:

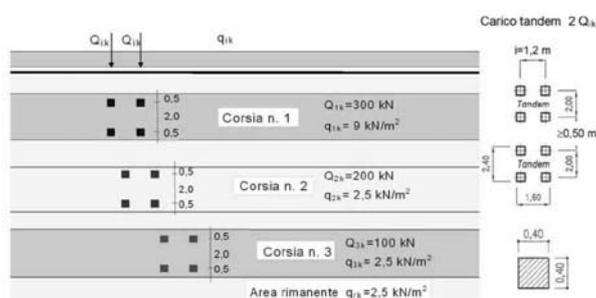
- Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza di 3.00 m.

Corsia di carico n. 3 costituita da:

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

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

- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza residua di impalcato pari a $(11.25-3.00 \times 3) = 2.25$ m.



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

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

In aggiunta allo schema di carico 1 deve essere considerato anche lo schema di carico 5, corrispondente alla presenza di folla compatta, ridotto del 50%: esso va modellato come un carico uniformemente ripartito di 2.5 kN/m² agente sui due marciapiedi. Lo schema di carico 5 deve inoltre essere considerato al 100% come alternativa allo schema 1.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 14 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

2.2.6 Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)

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

2.2.7 Azione di frenatura/accelerazione (q3)

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

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

Frenatura (q3)

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

2.2.8 Forza centrifuga (q4)

Azione centrifuga (q4)

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

2.2.9 Azione di neve, vento (q5)

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

Azione del vento (q5)

Vento su impalcato

zona	=	4	sicilia
$v_{b,0}$	=	28 m/s	
a_0	=	500 m	
k_a	=	0.02 1/s	
a_s	=	356 m	altitudine del sito
v_b	=	28 m/s	velocità di riferimento
ρ	=	1.25 kg/m ³	densità dell'aria
q_b	=	0.490 kN/m ²	pressione cinetica di riferimento
	=	D	classe di rugosità del terreno
c_t	=	1	coefficiente di topografia
	=	II	categoria di esposizione del sito
k_r	=	0.19	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 15 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

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

2.2.10 Azione sismica (q6)

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

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

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

Vita nominale	Vn	50
Classe d'uso		IV

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 16 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

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

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

INDAGINI DI RIFERIMENTO

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

Vs30 (m/sec)	Categoria di suolo
352.80	C

Punti dello spettro di risposta allo SLV

Orizzontale

Verticale

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

T	$S_e(T)/g$
0.000	0.039
0.050	0.104
0.150	0.104
0.235	0.066
0.320	0.049
0.405	0.038
0.490	0.032
0.575	0.027
0.660	0.024
0.745	0.021
0.830	0.019
0.915	0.017
1.000	0.016
1.094	0.013
1.188	0.011
1.281	0.009
1.375	0.008
1.469	0.007
1.563	0.006
1.656	0.006
1.750	0.005
1.844	0.005
1.938	0.004
2.031	0.004
2.125	0.003
2.219	0.003
2.313	0.003
2.406	0.003
2.500	0.002
2.594	0.002
2.688	0.002
2.781	0.002
2.875	0.002
2.969	0.002
3.063	0.002
3.156	0.002
3.250	0.001
3.344	0.001
3.438	0.001
3.531	0.001
3.625	0.001
3.719	0.001
3.813	0.001
3.906	0.001
4.000	0.001

Punti dello spettro di risposta allo SLC

Orizzontale

Verticale

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

T	$S_e(T)/g$
0.000	0.053
0.050	0.144
0.150	0.144
0.235	0.092
0.320	0.068
0.405	0.053
0.490	0.044
0.575	0.038
0.660	0.033
0.745	0.029
0.830	0.026
0.915	0.024
1.000	0.022
1.094	0.018
1.188	0.015
1.281	0.013
1.375	0.011
1.469	0.010
1.563	0.009
1.656	0.008
1.750	0.007
1.844	0.006
1.938	0.006
2.031	0.005
2.125	0.005
2.219	0.004
2.313	0.004
2.406	0.004
2.500	0.003
2.594	0.003
2.688	0.003
2.781	0.003
2.875	0.003
2.969	0.002
3.063	0.002
3.156	0.002
3.250	0.002
3.344	0.002
3.438	0.002
3.531	0.002
3.625	0.002
3.719	0.002
3.813	0.001
3.906	0.001
4.000	0.001

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/m³).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 19 di 121
	Nome file: VI12-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

La massa dell'impalcato (comprensiva del peso proprio della carpenteria metallica, del peso della soletta e dei permanenti portati) è stata attribuita alle due travi principali come una massa per unità di lunghezza di valore 6.42 kN/m per le travi della carreggiata DX.

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

$$\begin{aligned} \text{sisma 1)} & E_x + 0.3 \times E_y + 0.3 \times E_z; \\ \text{sisma 2)} & 0.3 \times E_x + E_y + 0.3 \times E_z; \\ \text{sisma 3)} & 0.3 \times E_x + 0.3 \times E_y + E_z; \end{aligned}$$

2.2.11 Resistenza parassita dei vincoli (q7)

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

2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

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

Tabella 2.1: Periodi di vibrazione della struttura

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	2.036482	0.49104	3.0853	9.5192
MODAL	Mode	2	2.009505	0.49763	3.1267	9.7765
MODAL	Mode	3	1.734187	0.57664	3.6231	13.127
MODAL	Mode	4	0.848755	1.1782	7.4028	54.802
MODAL	Mode	5	0.380111	2.6308	16.53	273.24
MODAL	Mode	6	0.278815	3.5866	22.535	507.84
MODAL	Mode	7	0.258818	3.8637	24.276	589.35
MODAL	Mode	8	0.226224	4.4204	27.774	771.41
MODAL	Mode	9	0.21724	4.6032	28.923	836.53
MODAL	Mode	10	0.216925	4.6099	28.965	838.96
MODAL	Mode	11	0.195394	5.1179	32.157	1034
MODAL	Mode	12	0.183821	5.4401	34.181	1168.3
MODAL	Mode	13	0.173321	5.7696	36.252	1314.2
MODAL	Mode	14	0.164486	6.0795	38.199	1459.2
MODAL	Mode	15	0.161261	6.2011	38.963	1518.1
MODAL	Mode	16	0.159884	6.2545	39.298	1544.4
MODAL	Mode	17	0.155976	6.4112	40.283	1622.7
MODAL	Mode	18	0.152269	6.5673	41.264	1702.7
MODAL	Mode	19	0.146981	6.8036	42.748	1827.4
MODAL	Mode	20	0.144735	6.9092	43.412	1884.6

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

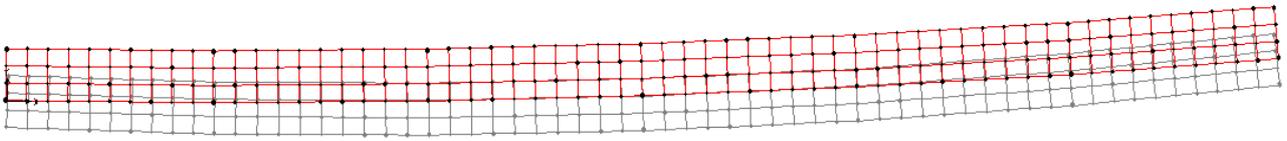


Figura 2.3 - Prima forma modale



Figura 2.4 - Seconda forma modale

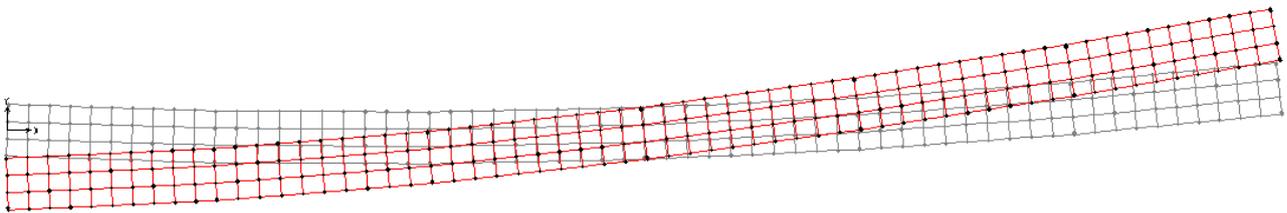


Figura 2.5 - Terza forma modale

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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 21 di 121
	Nome file: VI12-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

3 SOLLECITAZIONI SULLE PILE

3.1 SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Si riportano al presente paragrafo le sollecitazioni nelle sezioni maggiormente significative delle pile. Tali sollecitazioni sono state determinate attraverso la risoluzione del modello numerico globale illustrato nei paragrafi precedente.

Assunto un sistema di riferimento avente l'asse x parallelo all'asse longitudinale del viadotto, l'asse y parallelo all'asse trasversale e l'asse z ortogonale agli altri due e rivolto verso il basso, le azioni F_x , F_y , F_z si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi cui si riferiscono. Inoltre, il momento trasversale M_x (asse momento parallelo all'asse x) e quello longitudinale M_y (asse momento parallelo all'asse y) si assumono positivi se di verso antiorario.

Nel seguito si indica con:

g1-impalcato	=	peso proprio impalcato
g1-pile	=	peso proprio pile
g2	=	permanenti portati
e2	=	ritiro
e3.1	=	temperatura (max scarico verticale)
e3.2	=	temperatura (max azione longitudinale)
q1.1	=	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	=	carico mobile - massimo momento trasversale
q3	=	frenatura
q4	=	azione centrifuga
q5-impalcato	=	vento su impalcato
q5-pile	=	vento su pile
q6.1	=	sisma ($X+0.3Y+0.3Z$)
q6.2	=	sisma ($0.3X+Y+0.3Z$)
q6.3	=	sisma ($0.3X+0.3Y+Z$)
q7	=	resistenze parassite appoggi

3.1.1 Sollecitazioni nella sezione di base delle pile

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

Tabella 3.1 - Sollecitazioni base pila

PILA 01							PILA 02						
H	= 6.0 m			altezza pila			H	= 12.50 m			altezza pila		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
g1-impalcato	0	0	6627	95	0	0	0	0	5917	50	0	0	
g1-pile	0	0	1419	0	0	0	0	0	2056	0	0	0	
g2	0	0	1153	32	0	0	0	0	1015	22	0	0	
e2	69	3	611	325	446	1	33	4	155	223	432	0	
e3.1	44	2	251	158	284	-1	21	2	64	139	275	0	
e3.2	125	6	94	10	813	-2	61	7	24	41	787	-1	
q1.1	0	0	3041	880	0	0	0	2	2973	758	0	0	
q1.2	0	0	2158	6817	3	0	0	17	2022	6005	3	0	
q3	123	1	0	8	797	1	119	0	0	5	1541	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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 22 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

q4	0	5	0	36	2	0	0	5	0	67	2	0
q5-impalcato	9	172	0	1277	62	-6	4	178	1	2299	58	-3
q5-pile	0	24	0	80	0	0	0	48	0	290	0	0
q6.1	619	88	107	620	3937	4	675	108	115	1307	8360	3
q6.2	187	288	107	2033	1188	9	203	358	115	4340	2519	5
q6.3	186	87	357	611	1182	3	203	108	384	1302	2509	2
q7	78	0	0	0	467	0	69	0	0	0	866	0

PILA 03							PILA 04					
H	= 10.50 m altezza pila						H	= 6.50 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	6120	64	0	0	0	0	5923	60	0	0
g1-pile	0	0	1861	0	0	0	0	0	1468	0	0	0
g2	0	0	1055	25	0	0	0	0	1016	25	0	0
e2	0	4	71	252	2	0	34	4	155	273	238	0
e3.1	0	2	29	147	1	0	22	2	64	140	152	0
e3.2	0	7	11	30	4	0	62	7	24	3	433	1
q1.1	0	1	3009	801	0	0	0	0	2978	358	0	0
q1.2	0	11	2070	6348	0	0	0	2	2029	6747	2	-1
q3	120	0	0	1	1324	1	122	0	0	3	857	1
q4	0	6	0	61	0	0	0	6	0	40	1	0
q5-impalcato	0	184	0	2104	2	0	4	183	0	1424	31	3
q5-pile	0	41	0	214	0	0	0	26	0	88	0	0
q6.1	653	104	114	1128	6915	2	622	93	109	691	4255	3
q6.2	197	345	114	3738	2089	1	189	306	109	2264	1290	5
q6.3	196	104	381	1122	2076	1	187	92	363	680	1277	2
q7	72	0	0	0	753	0	69	0	0	0	451	0

PILA 05						
H	= 4.50 m altezza pila					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato	0	0	6622	86	0	0
g1-pile	0	0	1270	0	0	0
g2	0	0	1152	30	0	0
e2	68	3	612	321	342	-1
e3.1	44	2	251	150	218	1
e3.2	125	6	94	20	623	2
q1.1	0	0	3042	877	0	0
q1.2	0	0	2171	6805	2	-1
q3	123	1	0	6	615	1
q4	0	5	0	26	1	0
q5-impalcato	10	171	0	964	48	6
q5-pile	0	18	0	42	0	0
q6.1	585	90	104	458	2926	4
q6.2	178	286	104	1459	891	9
q6.3	176	86	348	439	879	3
q7	78	0	0	0	350	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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 23 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.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:

LN_Pi_DX è l'isolatore destro della Pi-esima pila;

LN_Pi_SX è l'isolatore sinistro della Pi-esima pila;

Tabella 3.2 - Sollecitazioni alla testa del pulvino

TABLE: Element Forces - Links				
Link		P=FZ	V2=FX	V3=FY
Text		KN	KN	KN
LN_P1_DX	01) g1-imp	3299.823	0.002211	0.000928
LN_P1_DX	02) g2	571.98698	0.00086	0.003219
LN_P1_DX	03) e2	256.14382	34.43868	1.706384
LN_P1_DX	04) e3.1	78.892172	47.96778	2.437332
LN_P1_DX	05) e3.2	39.61247	62.72464	3.201031
LN_P1_DX	06) q1	1672.755	0.047528	0.000562
LN_P1_DX	07) q1	166.68973	0.024903	3.435602
LN_P1_DX	08) q3	0.0310611	61.44112	0.597689
LN_P1_DX	09) q4	0.2208071	0.11914	2.629745
LN_P1_DX	10) q5-imp	23.077081	3.88743	85.75702
LN_P1_DX	11) SLC1	73.131708	394.4713	60.02066
LN_P1_DX	12) SLC2	86.281694	119.0743	196.3257
LN_P1_DX	13) SLC3	239.41613	118.4021	58.99123
LN_P1_SX	01) g1-imp	3327.0613	0.004052	0.001259
LN_P1_SX	02) g2	581.22008	0.001658	0.003162
LN_P1_SX	03) e2	355.19725	34.20211	1.706414
LN_P1_SX	04) e3.1	109.00776	47.62781	2.437345
LN_P1_SX	05) e3.2	54.330312	62.27768	3.201043
LN_P1_SX	06) q1	2227.3023	0.1206	0.997915
LN_P1_SX	07) q1	1732.0142	0.095908	3.43569
LN_P1_SX	08) q3	0.0317298	61.14622	0.597699
LN_P1_SX	09) q4	0.230375	0.171325	2.629769
LN_P1_SX	10) q5-imp	23.272499	5.592183	85.75783
LN_P1_SX	11) SLC1	73.943752	393.5616	60.02119
LN_P1_SX	12) SLC2	88.205151	118.9502	196.3273
LN_P1_SX	13) SLC3	241.72532	118.1415	58.99174
LN_P2_DX	01) g1-imp	2951.0196	0.001092	0.05018
LN_P2_DX	02) g2	504.15197	0.000423	0.024391
LN_P2_DX	03) e2	117.30334	16.686	2.13953
LN_P2_DX	04) e3.1	36.41034	23.24095	2.644555
LN_P2_DX	05) e3.2	18.582413	30.3908	3.381382
LN_P2_DX	06) q1	1607.2184	0.016707	1.399368
LN_P2_DX	07) q1	197.83191	0.075881	9.834724
LN_P2_DX	08) q3	0.0519812	59.4154	0.2038
LN_P2_DX	09) q4	0.5049062	0.054123	2.734091
LN_P2_DX	10) q5-imp	1.888256	1.766109	89.0138
LN_P2_DX	11) SLC1	76.185075	381.5131	60.686
LN_P2_DX	12) SLC2	92.239848	115.1162	201.2212

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 24 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

LN_P2_DX	13) SLC3	248.515	114.5087	60.39281
LN_P2_SX	01) g1-imp	2965.8006	0.001599	0.050474
LN_P2_SX	02) g2	510.63737	0.000664	0.024441
LN_P2_SX	03) e2	37.707473	16.5658	2.139527
LN_P2_SX	04) e3.1	11.199758	23.07028	2.644573
LN_P2_SX	05) e3.2	5.2097566	30.16688	3.381409
LN_P2_SX	06) q1	2120.8845	0.055438	7.287093
LN_P2_SX	07) q1	1867.432	0.007083	9.834643
LN_P2_SX	08) q3	0.0537382	59.12233	0.2038
LN_P2_SX	09) q4	0.5221945	0.082111	2.734128
LN_P2_SX	10) q5-imp	2.5712908	2.679646	89.015
LN_P2_SX	11) SLC1	76.692228	380.6931	60.6867
LN_P2_SX	12) SLC2	92.668425	114.866	201.2235
LN_P2_SX	13) SLC3	250.23722	114.2624	60.3935
LN_P3_DX	01) g1-imp	3050.9667	0.000354	0.042369
LN_P3_DX	02) g2	523.62465	0.000144	0.016591
LN_P3_DX	03) e2	7.0878514	0.09363	2.104363
LN_P3_DX	04) e3.1	2.2939867	0.12859	2.72817
LN_P3_DX	05) e3.2	1.2570301	0.167732	3.521051
LN_P3_DX	06) q1	1632.9289	0.009175	1.782847
LN_P3_DX	07) q1	197.24638	0.003319	7.557818
LN_P3_DX	08) q3	0.0395269	60.31734	0.061667
LN_P3_DX	09) q4	0.1363497	0.001734	2.830562
LN_P3_DX	10) q5-imp	10.769051	0.05593	92.20941
LN_P3_DX	11) SLC1	75.965555	387.3241	62.68846
LN_P3_DX	12) SLC2	89.405308	116.9942	207.6132
LN_P3_DX	13) SLC3	248.73165	116.2632	62.31746
LN_P3_SX	01) g1-imp	3069.4989	0.000908	0.042674
LN_P3_SX	02) g2	531.00693	0.000365	0.016643
LN_P3_SX	03) e2	78.218027	0.090232	2.104382
LN_P3_SX	04) e3.1	24.145234	0.130343	2.728204
LN_P3_SX	05) e3.2	12.183894	0.171509	3.521098
LN_P3_SX	06) q1	2164.9519	0.035448	5.125718
LN_P3_SX	07) q1	1880.7776	0.006423	7.557762
LN_P3_SX	08) q3	0.0410881	60.02383	0.061667
LN_P3_SX	09) q4	0.137628	0.002809	2.830601
LN_P3_SX	10) q5-imp	10.638412	0.093081	92.21068
LN_P3_SX	11) SLC1	76.342736	386.5334	62.68916
LN_P3_SX	12) SLC2	89.882833	116.7578	207.6155
LN_P3_SX	13) SLC3	249.95255	116.0261	62.31815
LN_P4_DX	01) g1-imp	2952.784	0.000357	0.011489
LN_P4_DX	02) g2	504.28487	0.00013	0.003751
LN_P4_DX	03) e2	120.35968	17.0484	1.827526
LN_P4_DX	04) e3.1	36.876255	23.74953	2.590059
LN_P4_DX	05) e3.2	18.324259	31.05671	3.397064
LN_P4_DX	06) q1	1631.226	0.013975	0.823396
LN_P4_DX	07) q1	169.98562	0.030438	3.912348
LN_P4_DX	08) q3	0.0022483	61.38534	0.203849
LN_P4_DX	09) q4	0.1441402	0.053936	2.806678
LN_P4_DX	10) q5-imp	20.449643	1.758795	91.50966

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 25 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

LN_P4_DX	11) SLC1	73.458219	394.1375	63.18562
LN_P4_DX	12) SLC2	83.988361	119.3105	206.9242
LN_P4_DX	13) SLC3	241.35415	118.3299	62.16953
LN_P4_SX	01) g1-imp	2969.9549	0.003016	0.011194
LN_P4_SX	02) g2	511.52011	0.001226	0.003701
LN_P4_SX	03) e2	34.94489	16.94027	1.827528
LN_P4_SX	04) e3.1	10.839593	23.58489	2.590078
LN_P4_SX	05) e3.2	5.53685	30.83821	3.397093
LN_P4_SX	06) q1	2186.2196	0.084973	1.786856
LN_P4_SX	07) q1	1878.535	0.065114	3.912397
LN_P4_SX	08) q3	0.002744	61.09042	0.20385
LN_P4_SX	09) q4	0.1480773	0.083797	2.806714
LN_P4_SX	10) q5-imp	20.500276	2.736909	91.51083
LN_P4_SX	11) SLC1	74.12311	393.2886	63.18631
LN_P4_SX	12) SLC2	84.830205	119.2135	206.9265
LN_P4_SX	13) SLC3	243.52046	118.0884	62.17021
LN_P5_DX	01) g1-imp	3298.7967	0.001365	0.005316
LN_P5_DX	02) g2	571.87454	0.00053	0.00377
LN_P5_DX	03) e2	257.60739	34.34672	1.719872
LN_P5_DX	04) e3.1	79.17958	47.8438	2.450133
LN_P5_DX	05) e3.2	39.586634	62.56345	3.216399
LN_P5_DX	06) q1	1671.7811	0.025774	0.126319
LN_P5_DX	07) q1	183.71559	0.024616	2.505952
LN_P5_DX	08) q3	0.0348936	61.61602	0.638968
LN_P5_DX	09) q4	0.0018447	0.11926	2.622874
LN_P5_DX	10) q5-imp	15.558926	3.889993	85.5278
LN_P5_DX	11) SLC1	70.421188	395.4333	61.44174
LN_P5_DX	12) SLC2	72.910852	120.2005	195.5564
LN_P5_DX	13) SLC3	233.90184	118.7605	58.90099
LN_P5_SX	01) g1-imp	3323.4049	0.004758	0.004985
LN_P5_SX	02) g2	580.53375	0.001928	0.003713
LN_P5_SX	03) e2	354.10353	34.1171	1.719902
LN_P5_SX	04) e3.1	108.84143	47.50603	2.450144
LN_P5_SX	05) e3.2	54.424397	62.11766	3.216407
LN_P5_SX	06) q1	2231.9349	0.106745	0.870045
LN_P5_SX	07) q1	1971.9719	0.117522	2.506047
LN_P5_SX	08) q3	0.0360655	61.32009	0.638978
LN_P5_SX	09) q4	0.0024222	0.172668	2.622898
LN_P5_SX	10) q5-imp	15.404681	5.637037	85.52858
LN_P5_SX	11) SLC1	71.395615	394.4738	61.44227
LN_P5_SX	12) SLC2	73.81848	120.3675	195.558
LN_P5_SX	13) SLC3	237.1818	118.5107	58.90148
LN_SpA_DX	01) g1-imp	1153.8924	0.003213	0.050781
LN_SpA_DX	02) g2	200.69463	0.001257	0.019936
LN_SpA_DX	03) e2	250.59802	51.45214	1.192184
LN_SpA_DX	04) e3.1	76.914076	71.66522	1.911403
LN_SpA_DX	05) e3.2	38.328359	93.71245	2.556812
LN_SpA_DX	06) q1	1001.1828	0.029941	0.482601
LN_SpA_DX	07) q1	384.80702	0.14124	2.456399
LN_SpA_DX	08) q3	0.0350748	61.8482	0.648944

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 26 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

LN_SpA_DX	09) q4	0.1707071	0.168231	2.375826
LN_SpA_DX	10) q5-imp	13.270336	5.489423	77.5328
LN_SpA_DX	11) SLC1	17.039861	396.9187	56.27424
LN_SpA_DX	12) SLC2	21.741397	119.9779	180.2189
LN_SpA_DX	13) SLC3	55.112365	119.1504	54.25143
LN_SpA_SX	01) g1-imp	1123.9345	0.005484	0.050737
LN_SpA_SX	02) g2	196.83274	0.002224	0.019929
LN_SpA_SX	03) e2	241.26061	51.13107	1.191555
LN_SpA_SX	04) e3.1	74.286189	71.20541	1.910538
LN_SpA_SX	05) e3.2	37.274037	93.10829	2.555682
LN_SpA_SX	06) q1	1505.0248	0.121107	1.328218
LN_SpA_SX	07) q1	23.353603	0.205372	2.456415
LN_SpA_SX	08) q3	0.0359897	61.55192	0.648105
LN_SpA_SX	09) q4	0.1737038	0.231735	2.375835
LN_SpA_SX	10) q5-imp	13.378869	7.56388	77.53307
LN_SpA_SX	11) SLC1	16.925491	395.951	56.27304
LN_SpA_SX	12) SLC2	21.838798	120.0105	180.2193
LN_SpA_SX	13) SLC3	54.645745	118.8869	54.25145
LN_SpB_DX	01) g1-imp	1154.5249	0.002016	0.02591
LN_SpB_DX	02) g2	200.83261	0.000788	0.010128
LN_SpB_DX	03) e2	250.23438	51.25915	1.366493
LN_SpB_DX	04) e3.1	76.851016	71.40224	2.030746
LN_SpB_DX	05) e3.2	38.346389	93.3699	2.684633
LN_SpB_DX	06) q1	998.91036	0.019	0.256237
LN_SpB_DX	07) q1	369.81304	0.078358	1.330971
LN_SpB_DX	08) q3	0.0242717	61.8445	0.756072
LN_SpB_DX	09) q4	0.1042887	0.17019	2.355764
LN_SpB_DX	10) q5-imp	10.891462	5.551363	76.83885
LN_SpB_DX	11) SLC1	16.437627	396.6504	58.10578
LN_SpB_DX	12) SLC2	18.398475	121.0926	178.3897
LN_SpB_DX	13) SLC3	54.096982	119.1697	53.9106
LN_SpB_SX	01) g1-imp	1124.41	0.005633	0.025866
LN_SpB_SX	02) g2	196.88142	0.002274	0.01012
LN_SpB_SX	03) e2	241.77378	50.94043	1.365864
LN_SpB_SX	04) e3.1	74.394956	70.93924	2.029881
LN_SpB_SX	05) e3.2	37.278613	92.7601	2.683505
LN_SpB_SX	06) q1	1500.4921	0.106813	0.666966
LN_SpB_SX	07) q1	15.56019	0.125991	1.330984
LN_SpB_SX	08) q3	0.0249983	61.54754	0.755233
LN_SpB_SX	09) q4	0.1069312	0.234696	2.355774
LN_SpB_SX	10) q5-imp	10.983607	7.66055	76.83915
LN_SpB_SX	11) SLC1	16.162063	395.6213	58.10433
LN_SpB_SX	12) SLC2	18.241186	121.4872	178.3903
LN_SpB_SX	13) SLC3	53.134847	118.9201	53.91064

3.1.3 Sollecitazioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata

SOTTOSTRUTTURA PILA P01-P02-P03-P04-P05

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 27 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SOLLECITAZIONI SOTTOSTRUTTURA RISPETTO A BARICENTRO PALIFICATA

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

Peso Plinto (G1) E Peso Terreno Di Ricoprimento (G2)

γ_{cls}	25.00 kN/m ³	peso specifico cls
$\gamma_{terreno}$	18.00 kN/m ³	peso specifico terreno
Bx	7.00 m	dimensione plinto lungo x
By	9.10 m	dimensione plinto lungo y
Bz	2.50 m	dimensione plinto lungo z
Dz	1.00 m	altezza terreno di ricoprimento

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
g1-plinto	0	0	4715	0	0
g2-terreno	0	0	1358	0	0

3.2 COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
g1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1

e2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1	1	1	1	1	1
e3.1	1.2	0	1.2	0	1.2	0	1.2	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0
e3.2	0	1.2	0	1.2	0	1.2	0	1.2	0	0.5	0	0.5	0	0.5
q1.1	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0
q3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0	0	0	0	0	0
q6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
q6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
q7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

	S.L.car								S.L.E.					
	SLE-C1	SLE-C2	SLE-C3	SLE-C4	SLE-C5	SLE-C6	SLE-C7	SLE-C8	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6
g1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3.1	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0
e3.2	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6
q1.1	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0
q1.2	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	-0.75	-0.75
q3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5	0.6	0.6	-0.6	-0.6	0.6	0.6	-0.6	-0.6	0.2	0.2	-0.2	-0.2	0.2	0.2
q6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 29 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU1	193	182	17439	3085	1216
SLU2	251	185	17326	2978	1597
SLU3	175	-170	17438	643	1105
SLU4	234	-167	17326	536	1486
SLU5	193	182	16247	11100	1219
SLU6	251	185	16134	10993	1600
SLU7	176	-170	16247	8658	1108
SLU8	234	-167	16134	8551	1489
SLU9	376	183	16412	2799	2411
SLU10	435	186	16300	2693	2792
SLU11	359	-168	16412	357	2300
SLU12	418	-165	16299	250	2681
SLU13	377	184	15519	8811	2414
SLU14	435	187	15406	8704	2794
SLU15	360	-168	15518	6368	2303
SLU16	418	-165	15405	6261	2683
SLU17	193	190	16412	2842	1219
SLU18	251	192	16300	2735	1599
SLU19	176	-162	16412	399	1108
SLU20	234	-159	16299	292	1488
SLU21	193	190	15519	8853	1221
SLU22	252	193	15406	8746	1602
SLU23	176	-162	15518	6410	1110
SLU24	235	-159	15405	6304	1491
SLU25	198	299	16413	3602	1253
SLU26	257	302	16300	3495	1634
SLU27	170	-287	16412	-469	1068
SLU28	228	-284	16299	-575	1448
SLU29	199	299	15519	9613	1256
SLU30	257	302	15406	9507	1636
SLU31	170	-287	15518	5543	1070
SLU32	229	-284	15405	5436	1451

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 30 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLU33	213	183	16533	2864	1353
SLU34	311	188	16345	2686	1987
SLU35	196	-169	16532	421	1242
SLU36	294	-164	16344	244	1876
SLU37	214	183	15639	8875	1355
SLU38	311	188	15451	8697	1989
SLU39	197	-169	15638	6433	1244
SLU40	294	-164	15451	6255	1878
SLV1	756	93	10043	1151	4805
SLV2	797	95	9965	1077	5069
SLV3	324	293	10043	2565	2057
SLV4	365	295	9965	2491	2321
SLV5	323	91	10293	1142	2050
SLV6	364	93	10215	1068	2314
SLE-C1	147	122	12242	2021	934
SLE-C2	196	125	12148	1932	1251
SLE-C3	136	-112	12242	393	860
SLE-C4	185	-110	12148	304	1177
SLE-C5	147	122	8342	-3752	932
SLE-C6	196	124	8248	-3841	1249
SLE-C7	136	-113	8342	-5380	858
SLE-C8	184	-110	8248	-5469	1175
SLE-F1	144	44	12242	1478	910
SLE-F2	192	46	12148	1390	1226
SLE-F3	140	-34	12242	936	885
SLE-F4	188	-32	12148	847	1202
SLE-F5	143	44	8342	-4294	907
SLE-F6	192	46	8248	-4383	1224
SLE-F7	139	-34	8342	-4837	883
SLE-F8	188	-32	8248	-4926	1199
SLE-QP1	137	5	9936	531	868
SLE-QP2	178	7	9858	457	1133

PILA P02

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU1	122	213	16380	3819	1550
SLU2	150	217	16351	3749	1918
SLU3	114	-194	16378	-841	1445
SLU4	142	-191	16350	-911	1814
SLU5	122	234	15094	10903	1553
SLU6	150	237	15066	10833	1921
SLU7	114	-174	15093	6243	1448
SLU8	142	-171	15065	6173	1817
SLU9	299	213	15376	3571	3861
SLU10	328	217	15347	3500	4229
SLU11	291	-194	15375	-1089	3757
SLU12	320	-191	15346	-1160	4125
SLU13	300	228	14412	8884	3863

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 31 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLU14	328	232	14384	8813	4232
SLU15	292	-179	14411	4223	3759
SLU16	320	-176	14382	4153	4128
SLU17	122	221	15376	3665	1552
SLU18	150	224	15347	3594	1921
SLU19	114	-187	15375	-995	1448
SLU20	142	-183	15346	-1066	1816
SLU21	122	236	14412	8977	1554
SLU22	150	239	14384	8907	1923
SLU23	114	-172	14411	4317	1450
SLU24	142	-168	14382	4247	1819
SLU25	124	349	15376	5117	1584
SLU26	153	352	15348	5046	1953
SLU27	111	-331	15374	-2650	1411
SLU28	139	-327	15346	-2720	1779
SLU29	124	364	14413	10429	1586
SLU30	153	367	14384	10359	1955
SLU31	111	-316	14410	2663	1413
SLU32	139	-312	14382	2592	1781
SLU33	132	214	15406	3630	1682
SLU34	179	219	15359	3513	2296
SLU35	124	-194	15405	-1030	1577
SLU36	171	-188	15357	-1147	2192
SLU37	132	229	14443	8943	1684
SLU38	179	234	14395	8826	2298
SLU39	124	-179	14441	4283	1580
SLU40	171	-173	14394	4166	2194
SLV1	761	113	9289	1672	9450
SLV2	780	116	9269	1623	9706
SLV3	289	364	9289	4705	3609
SLV4	309	366	9269	4656	3865
SLV5	288	113	9558	1668	3599
SLV6	308	115	9538	1619	3855
SLE-C1	90	143	11411	2501	1152
SLE-C2	114	146	11387	2442	1460
SLE-C3	85	-129	11410	-606	1083
SLE-C4	109	-126	11386	-664	1390
SLE-C5	90	129	7665	-2571	1150
SLE-C6	114	132	7641	-2630	1457
SLE-C7	85	-143	7664	-5678	1081
SLE-C8	108	-140	7640	-5737	1388
SLE-F1	88	53	11411	1465	1129
SLE-F2	112	55	11387	1407	1436
SLE-F3	87	-38	11410	430	1106
SLE-F4	110	-35	11387	371	1413
SLE-F5	88	38	7664	-3607	1127
SLE-F6	112	41	7641	-3666	1434
SLE-F7	87	-52	7664	-4643	1104
SLE-F8	110	-50	7640	-4701	1411
SLE-QP1	85	5	9174	365	1090

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 32 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLE-QP2	105	8	9154	316	1346
----------------	-----	---	------	-----	------

PILA P03

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU1	65	211	16366	3697	683
SLU2	65	215	16353	3613	685
SLU3	65	-194	16366	-475	680
SLU4	65	-191	16353	-559	682
SLU5	65	225	15099	11185	683
SLU6	65	228	15086	11101	685
SLU7	65	-181	15099	7013	680
SLU8	65	-177	15086	6929	682
SLU9	246	211	15351	3428	2669
SLU10	246	215	15338	3344	2670
SLU11	245	-194	15351	-744	2666
SLU12	245	-191	15338	-828	2667
SLU13	246	221	14401	9044	2669
SLU14	246	225	14388	8961	2671
SLU15	245	-184	14400	4872	2666
SLU16	245	-181	14387	4788	2668
SLU17	65	220	15351	3519	683
SLU18	65	223	15338	3435	685
SLU19	65	-186	15351	-654	680
SLU20	65	-183	15338	-738	682
SLU21	65	230	14401	9135	683
SLU22	65	233	14388	9051	685
SLU23	65	-176	14400	4962	680
SLU24	65	-173	14387	4879	682
SLU25	65	346	15351	4817	684
SLU26	65	350	15338	4734	686
SLU27	65	-330	15351	-2137	679
SLU28	65	-326	15338	-2220	681
SLU29	65	356	14401	10434	684
SLU30	65	360	14388	10350	686
SLU31	65	-320	14400	3480	679
SLU32	65	-316	14387	3396	681
SLU33	65	212	15365	3497	684
SLU34	65	218	15343	3357	687
SLU35	65	-194	15365	-675	681
SLU36	65	-188	15343	-815	684
SLU37	65	222	14415	9113	684
SLU38	65	228	14393	8974	687
SLU39	65	-183	14414	4941	681
SLU40	65	-178	14393	4801	684
SLV1	696	110	9236	1544	7370
SLV2	696	112	9227	1485	7371
SLV3	240	351	9236	4154	2543
SLV4	241	353	9227	4095	2545

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 33 di 121
	Nome file: VI12-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLV5	239	109	9503	1537	2531
SLV6	239	112	9493	1479	2532
SLE-C1	43	142	11381	2422	456
SLE-C2	44	145	11370	2352	457
SLE-C3	43	-129	11381	-360	454
SLE-C4	43	-126	11370	-430	455
SLE-C5	43	132	7572	-2940	456
SLE-C6	44	135	7561	-3010	457
SLE-C7	43	-138	7572	-5722	454
SLE-C8	43	-135	7561	-5792	455
SLE-F1	43	52	11381	1494	455
SLE-F2	43	55	11370	1424	457
SLE-F3	43	-38	11381	567	455
SLE-F4	43	-36	11370	497	456
SLE-F5	43	42	7572	-3868	455
SLE-F6	43	45	7561	-3937	456
SLE-F7	43	-48	7572	-4795	454
SLE-F8	43	-45	7561	-4865	456
SLE-QP1	43	5	9121	415	455
SLE-QP2	43	8	9112	357	456

PILA P04

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU1	123	195	15602	2390	829
SLU2	152	198	15574	2291	1032
SLU3	115	-181	15602	-333	773
SLU4	144	-178	15573	-432	975
SLU5	123	197	14321	11015	831
SLU6	152	200	14293	10916	1034
SLU7	115	-179	14321	8292	774
SLU8	144	-176	14293	8193	977
SLU9	307	195	14597	2274	2115
SLU10	336	198	14568	2175	2318
SLU11	299	-181	14597	-450	2058
SLU12	327	-178	14568	-549	2261
SLU13	307	197	13636	8742	2117
SLU14	336	200	13608	8643	2319
SLU15	299	-179	13636	6019	2060
SLU16	328	-176	13608	5920	2263
SLU17	123	203	14597	2330	831
SLU18	152	206	14568	2231	1033
SLU19	115	-173	14597	-393	774
SLU20	144	-170	14568	-492	977
SLU21	123	204	13636	8798	832
SLU22	152	208	13608	8700	1035
SLU23	115	-171	13636	6075	775
SLU24	144	-168	13608	5976	978
SLU25	126	320	14597	3177	848

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 34 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLU26	155	323	14568	3078	1051
SLU27	112	-307	14597	-1362	754
SLU28	141	-303	14568	-1461	956
SLU29	126	321	13636	9646	849
SLU30	155	324	13608	9547	1052
SLU31	112	-305	13636	5107	755
SLU32	141	-302	13608	5008	958
SLU33	133	196	14628	2337	902
SLU34	182	201	14580	2172	1240
SLU35	125	-180	14627	-387	845
SLU36	173	-175	14580	-552	1183
SLU37	134	197	13667	8805	903
SLU38	182	202	13619	8640	1241
SLU39	125	-178	13667	6082	847
SLU40	174	-173	13619	5917	1185
SLV1	708	98	8703	1120	4839
SLV2	728	100	8683	1051	4980
SLV3	275	311	8703	2693	1874
SLV4	295	313	8683	2624	2015
SLV5	273	97	8957	1109	1862
SLV6	293	99	8937	1041	2003
SLE-C1	91	131	10834	1620	619
SLE-C2	115	133	10810	1537	788
SLE-C3	86	-120	10834	-196	581
SLE-C4	110	-117	10810	-278	750
SLE-C5	91	129	7078	-3709	617
SLE-C6	115	131	7055	-3792	786
SLE-C7	86	-122	7078	-5525	579
SLE-C8	110	-119	7055	-5607	748
SLE-F1	90	47	10834	1015	606
SLE-F2	114	50	10810	932	775
SLE-F3	88	-36	10834	410	593
SLE-F4	112	-34	10810	327	762
SLE-F5	89	45	7078	-4315	605
SLE-F6	113	48	7055	-4397	774
SLE-F7	88	-38	7078	-4920	592
SLE-F8	112	-35	7055	-5002	761
SLE-QP1	86	5	8594	429	584
SLE-QP2	107	7	8574	361	725

PILA P05

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU1	192	176	17231	2740	926
SLU2	251	179	17118	2646	1218
SLU3	175	-164	17231	930	840
SLU4	233	-161	17118	836	1132
SLU5	193	176	16055	10742	928
SLU6	251	179	15942	10649	1220

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 35 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLU7	175	-164	16055	8932	842
SLU8	234	-161	15942	8839	1134
SLU9	377	178	16204	2453	1848
SLU10	435	181	16091	2359	2140
SLU11	359	-162	16204	643	1762
SLU12	418	-159	16091	549	2054
SLU13	377	178	15322	8455	1850
SLU14	435	181	15210	8361	2141
SLU15	360	-162	15322	6645	1764
SLU16	418	-159	15209	6551	2056
SLU17	193	184	16204	2483	928
SLU18	251	187	16091	2389	1220
SLU19	175	-156	16204	673	842
SLU20	234	-153	16091	579	1134
SLU21	193	184	15322	8485	930
SLU22	251	187	15210	8391	1222
SLU23	176	-156	15322	6675	844
SLU24	234	-153	15209	6581	1136
SLU25	198	289	16204	3047	955
SLU26	256	292	16092	2953	1246
SLU27	169	-278	16204	30	812
SLU28	228	-275	16091	-63	1103
SLU29	198	289	15322	9049	956
SLU30	257	292	15210	8955	1248
SLU31	170	-278	15322	6032	813
SLU32	228	-275	15209	5938	1105
SLU33	213	177	16325	2516	1031
SLU34	310	182	16137	2359	1517
SLU35	196	-163	16324	706	945
SLU36	293	-158	16136	549	1431
SLU37	213	177	15443	8517	1032
SLU38	311	182	15255	8361	1519
SLU39	196	-163	15442	6707	946
SLU40	294	-158	15254	6551	1433
SLV1	722	95	9886	970	3587
SLV2	763	97	9808	905	3790
SLV3	315	291	9886	1971	1552
SLV4	356	293	9808	1906	1755
SLV5	313	91	10130	952	1540
SLV6	353	93	10051	887	1743
SLE-C1	147	118	12088	1789	712
SLE-C2	196	121	11994	1711	955
SLE-C3	136	-108	12088	582	655
SLE-C4	184	-106	11994	504	898
SLE-C5	147	118	8179	-3973	710
SLE-C6	195	121	8085	-4051	954
SLE-C7	135	-109	8179	-5180	653
SLE-C8	184	-106	8085	-5258	896
SLE-F1	143	43	12088	1386	693
SLE-F2	192	45	11994	1308	936

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 36 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLE-F3	139	-33	12088	984	674
SLE-F4	188	-30	11994	906	917
SLE-F5	143	43	8179	-4375	691
SLE-F6	192	45	8085	-4454	934
SLE-F7	139	-33	8179	-4778	672
SLE-F8	188	-30	8085	-4856	915
SLE-QP1	137	5	9781	512	661
SLE-QP2	177	7	9703	447	864

3.3.2 Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino

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

La numerazione indica:

- LN_Pi_DX è l'isolatore destro della P0i-esima pila;
- LN_Pi_SX è l'isolatore sinistro della P0i-esima pila.

PILA P01

LN_P1_DX	Fz	Fx	Fy	V		LN_P1_SX	Fz	Fx	Fy	V
SLU1	7870	79	81	113		SLU1	8809	81	82	115
SLU2	7842	90	82	121		SLU2	8769	91	83	123
SLU3	7829	72	-73	103		SLU3	8767	70	-72	101
SLU4	7800	83	-73	110		SLU4	8727	81	-71	108
SLU5	5837	79	86	117		SLU5	8140	81	86	118
SLU6	5809	90	86	125		SLU6	8101	91	86	125
SLU7	5795	72	-69	100		SLU7	8098	70	-69	98
SLU8	5767	83	-68	107		SLU8	8059	81	-68	106
SLU9	7306	172	82	190		SLU9	8057	172	83	191
SLU10	7277	182	82	200		SLU10	8018	183	83	201
SLU11	7264	165	-72	180		SLU11	8015	162	-71	177
SLU12	7236	175	-72	189		SLU12	7976	173	-71	187
SLU13	5781	172	85	192		SLU13	7556	172	85	192
SLU14	5752	182	86	201		SLU14	7516	183	86	202
SLU15	5739	165	-69	178		SLU15	7514	162	-69	176
SLU16	5711	175	-68	188		SLU16	7474	173	-68	186
SLU17	7306	80	85	116		SLU17	8057	81	86	118
SLU18	7278	90	85	124		SLU18	8018	91	86	126
SLU19	7264	73	-69	100		SLU19	8015	71	-68	98
SLU20	7236	83	-69	108		SLU20	7976	81	-68	106
SLU21	5781	80	88	119		SLU21	7556	81	88	120
SLU22	5753	90	89	127		SLU22	7516	91	89	127
SLU23	5739	73	-66	98		SLU23	7514	71	-66	97
SLU24	5711	83	-65	106		SLU24	7475	81	-65	104
SLU25	7319	82	132	156		SLU25	8071	84	133	158
SLU26	7291	92	133	162		SLU26	8032	94	134	164
SLU27	7250	70	-125	143		SLU27	8001	67	-124	141
SLU28	7222	81	-124	148		SLU28	7962	78	-123	146
SLU29	5795	82	136	159		SLU29	7569	84	136	160
SLU30	5766	92	136	165		SLU30	7530	94	136	166

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 37 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLU31	5725	70	-121	140		SLU31	7500	67	-121	139
SLU32	5697	81	-121	145		SLU32	7460	78	-121	144
SLU33	7343	102	82	131		SLU33	8109	103	83	133
SLU34	7296	120	83	146		SLU34	8044	121	84	147
SLU35	7302	95	-72	120		SLU35	8067	93	-71	117
SLU36	7255	113	-71	134		SLU36	8002	111	-70	131
SLU37	5819	102	86	134		SLU37	7608	103	86	134
SLU38	5771	120	87	148		SLU38	7542	121	87	149
SLU39	5777	95	-69	118		SLU39	7566	93	-69	116
SLU40	5730	113	-68	132		SLU40	7500	111	-68	130
SLV1	4220	351	47	354		SLV1	4372	349	47	353
SLV2	4201	358	47	361		SLV2	4344	357	47	360
SLV3	4232	147	146	207		SLV3	4384	146	146	207
SLV4	4212	154	147	213		SLV4	4357	153	147	212
SLV5	4340	146	46	153		SLV5	4492	146	46	153
SLV6	4321	153	46	160		SLV6	4465	153	46	160

PILA P02

LN_P2_DX	Fz	Fx	Fy	V		LN_P2_SX	Fz	Fx	Fy	V
SLU1	7003	38	87	95		SLU1	7612	39	95	102
SLU2	6990	44	87	97		SLU2	7608	44	95	105
SLU3	7000	35	-74	82		SLU3	7607	34	-66	74
SLU4	6987	40	-73	84		SLU4	7603	39	-65	76
SLU5	5100	38	98	105		SLU5	7270	39	98	105
SLU6	5087	44	98	108		SLU6	7266	44	98	108
SLU7	5097	35	-62	72		SLU7	7265	34	-62	71
SLU8	5084	40	-62	74		SLU8	7261	39	-62	73
SLU9	6461	127	86	154		SLU9	6896	128	92	158
SLU10	6448	133	87	159		SLU10	6892	133	93	162
SLU11	6457	124	-74	145		SLU11	6892	123	-68	140
SLU12	6444	129	-73	149		SLU12	6887	128	-67	145
SLU13	5034	128	95	159		SLU13	6640	128	95	159
SLU14	5021	133	95	163		SLU14	6635	133	95	163
SLU15	5030	124	-65	140		SLU15	6635	123	-65	139
SLU16	5017	130	-65	145		SLU16	6631	128	-65	143
SLU17	6461	38	90	98		SLU17	6897	39	96	104
SLU18	6448	44	91	101		SLU18	6893	44	97	106
SLU19	6458	35	-70	78		SLU19	6892	34	-64	73
SLU20	6445	40	-69	80		SLU20	6888	39	-64	75
SLU21	5034	39	99	106		SLU21	6640	39	99	106
SLU22	5021	44	99	108		SLU22	6636	44	99	109
SLU23	5031	35	-61	71		SLU23	6636	34	-61	70
SLU24	5018	40	-61	73		SLU24	6631	39	-61	73
SLU25	6462	39	140	145		SLU25	6898	41	145	151
SLU26	6449	45	140	147		SLU26	6893	46	146	153
SLU27	6456	34	-128	132		SLU27	6890	33	-122	126
SLU28	6443	39	-127	133		SLU28	6886	38	-121	127
SLU29	5035	39	148	153		SLU29	6641	41	148	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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 38 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLU30	5022	45	149	155		SLU30	6637	46	149	155
SLU31	5029	34	-119	124		SLU31	6633	32	-119	123
SLU32	5016	39	-118	125		SLU32	6629	38	-118	124
SLU33	6478	50	87	100		SLU33	6902	50	93	106
SLU34	6457	58	88	106		SLU34	6894	59	94	111
SLU35	6475	46	-73	86		SLU35	6897	45	-67	81
SLU36	6453	55	-72	91		SLU36	6890	54	-66	85
SLU37	5051	50	96	108		SLU37	6645	50	96	108
SLU38	5030	58	97	113		SLU38	6638	59	97	113
SLU39	5048	46	-64	79		SLU39	6640	45	-64	79
SLU40	5026	55	-63	84		SLU40	6633	54	-63	83
SLV1	3646	311	48	315		SLV1	3575	310	48	314
SLV2	3637	314	48	318		SLV2	3572	314	48	317
SLV3	3659	114	150	188		SLV3	3589	113	150	188
SLV4	3651	117	151	191		SLV4	3586	117	151	191
SLV5	3770	113	48	123		SLV5	3700	113	48	122
SLV6	3761	117	48	126		SLV6	3697	116	48	126

PILA P03

LN_P3_DX	Fz	Fx	Fy	V		LN_P3_SX	Fz	Fx	Fy	V
SLU1	7050	0	90	90		SLU1	7904	0	94	94
SLU2	7049	0	91	91		SLU2	7896	0	95	95
SLU3	7031	0	-76	76		SLU3	7885	0	-72	72
SLU4	7030	0	-75	75		SLU4	7876	0	-71	71
SLU5	5112	0	98	98		SLU5	7521	0	98	98
SLU6	5111	0	98	98		SLU6	7512	0	98	98
SLU7	5092	0	-68	68		SLU7	7501	0	-68	68
SLU8	5092	0	-68	68		SLU8	7493	0	-68	68
SLU9	6499	91	89	127		SLU9	7174	90	93	130
SLU10	6498	91	90	128		SLU10	7165	90	93	130
SLU11	6480	91	-77	119		SLU11	7154	90	-73	116
SLU12	6479	91	-76	118		SLU12	7146	90	-73	116
SLU13	5045	91	95	132		SLU13	6886	90	95	131
SLU14	5045	91	96	132		SLU14	6877	90	96	132
SLU15	5026	91	-71	115		SLU15	6867	90	-71	115
SLU16	5025	91	-70	115		SLU16	6858	90	-70	114
SLU17	6499	0	94	94		SLU17	7174	0	97	97
SLU18	6498	0	94	94		SLU18	7165	0	98	98
SLU19	6480	0	-72	72		SLU19	7155	0	-69	69
SLU20	6479	0	-72	72		SLU20	7146	0	-68	68
SLU21	5045	0	99	99		SLU21	6886	0	99	99
SLU22	5045	0	100	100		SLU22	6877	0	100	100
SLU23	5026	0	-67	67		SLU23	6867	0	-67	67
SLU24	5025	0	-66	66		SLU24	6858	0	-66	66
SLU25	6505	0	145	145		SLU25	7180	0	148	148
SLU26	6505	0	145	145		SLU26	7171	0	149	149
SLU27	6473	0	-132	132		SLU27	7148	0	-129	129
SLU28	6472	0	-131	131		SLU28	7139	0	-128	128

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 39 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLU29	5052	0	151	151		SLU29	6892	0	151	151
SLU30	5051	0	151	151		SLU30	6884	0	151	151
SLU31	5019	0	-126	126		SLU31	6860	0	-126	126
SLU32	5019	0	-126	126		SLU32	6852	0	-126	126
SLU33	6500	0	91	91		SLU33	7185	0	94	94
SLU34	6499	0	92	92		SLU34	7171	0	95	95
SLU35	6481	0	-75	75		SLU35	7166	0	-72	72
SLU36	6479	0	-74	74		SLU36	7152	0	-71	71
SLU37	5046	0	97	97		SLU37	6897	0	97	97
SLU38	5045	0	97	97		SLU38	6883	0	97	97
SLU39	5027	0	-69	69		SLU39	6878	0	-69	69
SLU40	5026	0	-69	69		SLU40	6864	0	-69	69
SLV1	3638	287	49	291		SLV1	3746	286	49	291
SLV2	3637	287	50	291		SLV2	3740	286	50	291
SLV3	3650	87	155	178		SLV3	3758	87	155	178
SLV4	3649	87	155	178		SLV4	3752	87	155	178
SLV5	3762	86	49	99		SLV5	3871	86	49	99
SLV6	3762	86	49	99		SLV6	3865	86	49	99

PILA P04

LN_P4_DX	Fz	Fx	Fy	V		LN_P4_SX	Fz	Fx	Fy	V
SLU1	7059	39	88	96		SLU1	7720	40	89	97
SLU2	7045	44	88	99		SLU2	7716	45	89	100
SLU3	7022	36	-77	85		SLU3	7683	35	-76	84
SLU4	7008	41	-77	87		SLU4	7679	40	-75	85
SLU5	5086	39	92	100		SLU5	7304	40	92	100
SLU6	5073	44	92	102		SLU6	7300	45	92	103
SLU7	5049	36	-73	81		SLU7	7267	35	-73	81
SLU8	5036	41	-72	83		SLU8	7263	40	-72	83
SLU9	6508	131	88	158		SLU9	6982	132	89	159
SLU10	6495	136	88	162		SLU10	6978	137	89	163
SLU11	6471	128	-77	150		SLU11	6945	127	-76	148
SLU12	6458	133	-77	154		SLU12	6941	132	-76	152
SLU13	5029	131	91	160		SLU13	6670	131	91	160
SLU14	5015	137	91	164		SLU14	6666	137	91	164
SLU15	4992	128	-74	148		SLU15	6633	127	-74	147
SLU16	4978	133	-73	152		SLU16	6629	132	-73	151
SLU17	6508	39	91	100		SLU17	6982	40	92	101
SLU18	6495	44	92	102		SLU18	6978	45	93	103
SLU19	6471	36	-73	82		SLU19	6945	35	-72	80
SLU20	6458	41	-73	84		SLU20	6941	40	-72	82
SLU21	5029	39	95	102		SLU21	6670	40	95	103
SLU22	5015	45	95	105		SLU22	6667	45	95	105
SLU23	4992	36	-70	79		SLU23	6634	35	-70	78
SLU24	4979	41	-70	81		SLU24	6630	40	-70	80
SLU25	6520	40	142	148		SLU25	6994	42	143	149
SLU26	6507	45	143	150		SLU26	6990	47	144	151
SLU27	6459	35	-132	137		SLU27	6933	33	-131	136
SLU28	6446	40	-132	138		SLU28	6929	39	-131	136

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 40 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLU29	5041	40	145	151		SLU29	6682	41	145	151
SLU30	5027	45	146	153		SLU30	6679	47	146	153
SLU31	4979	35	-129	134		SLU31	6621	33	-129	133
SLU32	4966	40	-129	135		SLU32	6617	38	-129	134
SLU33	6526	51	89	102		SLU33	6987	51	89	103
SLU34	6503	59	89	107		SLU34	6981	60	90	108
SLU35	6489	47	-76	90		SLU35	6950	46	-75	88
SLU36	6467	56	-75	94		SLU36	6944	55	-74	92
SLU37	5046	51	92	105		SLU37	6675	51	92	105
SLU38	5024	59	93	110		SLU38	6669	60	93	110
SLU39	5009	47	-73	87		SLU39	6638	46	-73	86
SLU40	4987	56	-72	91		SLU40	6632	55	-72	91
SLV1	3649	321	49	325		SLV1	3576	320	49	324
SLV2	3640	324	50	328		SLV2	3573	324	50	327
SLV3	3658	117	154	194		SLV3	3585	117	154	194
SLV4	3649	121	155	196		SLV4	3582	121	155	196
SLV5	3770	117	49	126		SLV5	3698	116	49	126
SLV6	3761	120	49	130		SLV6	3695	120	49	129

PILA P05

LN_P5_DX	Fz	Fx	Fy	V		LN_P5_SX	Fz	Fx	Fy	V
SLU1	7862	79	81	113		SLU1	8801	80	82	115
SLU2	7834	90	82	121		SLU2	8761	91	83	123
SLU3	7834	72	-73	103		SLU3	8773	70	-72	101
SLU4	7806	83	-72	110		SLU4	8734	81	-71	108
SLU5	5854	79	84	116		SLU5	8450	80	84	116
SLU6	5825	90	85	123		SLU6	8410	91	85	124
SLU7	5826	72	-70	100		SLU7	8422	70	-70	99
SLU8	5797	83	-69	108		SLU8	8383	81	-69	106
SLU9	7298	172	82	190		SLU9	8047	172	83	191
SLU10	7270	182	82	200		SLU10	8008	183	83	201
SLU11	7270	165	-72	180		SLU11	8020	162	-71	177
SLU12	7242	175	-71	189		SLU12	7980	173	-71	187
SLU13	5792	172	84	191		SLU13	7784	172	84	192
SLU14	5763	182	85	201		SLU14	7745	183	85	202
SLU15	5764	165	-70	179		SLU15	7756	162	-70	176
SLU16	5735	175	-69	188		SLU16	7717	173	-69	186
SLU17	7298	79	85	116		SLU17	8047	81	86	118
SLU18	7270	90	85	124		SLU18	8008	91	86	125
SLU19	7270	72	-69	100		SLU19	8020	70	-68	98
SLU20	7242	83	-69	108		SLU20	7980	81	-68	106
SLU21	5792	79	87	118		SLU21	7784	81	87	119
SLU22	5763	90	88	126		SLU22	7745	91	88	127
SLU23	5764	72	-67	98		SLU23	7756	70	-67	97
SLU24	5735	83	-66	106		SLU24	7717	81	-66	105
SLU25	7308	82	132	155		SLU25	8057	84	133	157
SLU26	7279	92	133	162		SLU26	8017	94	134	163
SLU27	7261	70	-124	143		SLU27	8010	67	-124	140

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 41 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLU28	7232	80	-124	148		SLU28	7971	77	-123	145
SLU29	5801	82	135	157		SLU29	7793	84	135	159
SLU30	5772	92	135	164		SLU30	7754	94	135	165
SLU31	5754	70	-122	141		SLU31	7747	67	-122	139
SLU32	5726	80	-121	146		SLU32	7708	77	-121	144
SLU33	7336	102	82	131		SLU33	8100	103	83	132
SLU34	7289	120	83	146		SLU34	8034	121	84	147
SLU35	7308	95	-72	119		SLU35	8072	93	-71	117
SLU36	7261	113	-71	133		SLU36	8007	111	-70	131
SLU37	5830	102	85	133		SLU37	7836	103	85	133
SLU38	5782	120	85	147		SLU38	7771	121	85	148
SLU39	5802	95	-69	118		SLU39	7809	93	-69	116
SLU40	5754	113	-69	132		SLU40	7743	111	-69	130
SLV1	4219	351	48	354		SLV1	4364	350	48	353
SLV2	4199	358	48	362		SLV2	4337	357	48	361
SLV3	4221	147	146	207		SLV3	4366	147	146	207
SLV4	4201	155	146	213		SLV4	4339	154	146	213
SLV5	4337	146	46	153		SLV5	4484	146	46	153
SLV6	4317	154	46	160		SLV6	4456	153	46	160

3.3.3 Sollecitazioni sulla palificata

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

PILA 01

Tabella 3.3 - Azioni sulla palificata.

Combinazione di carico	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLU-1	192.5	181.7	24361.4	3539.1	735.1
SLU-2	251.0	184.6	24248.6	3439.8	969.1
SLU-3	175.4	-169.9	24361.0	217.7	666.7
SLU-4	233.9	-167.0	24248.2	118.4	900.8
SLU-5	193.0	181.9	23169.7	11554.7	736.9
SLU-6	251.5	184.8	23056.9	11455.4	971.0
SLU-7	175.9	-169.7	23169.3	8233.3	668.6
SLU-8	234.4	-166.8	23056.5	8134.0	902.6
SLU-9	376.4	183.4	23335.0	3257.8	1470.5
SLU-10	434.9	186.4	23222.2	3158.5	1704.5
SLU-11	359.3	-168.2	23334.6	-63.6	1402.2
SLU-12	417.8	-165.2	23221.8	-162.8	1636.2
SLU-13	376.7	183.6	22441.2	9269.5	1471.9
SLU-14	435.2	186.5	22328.5	9170.2	1706.0
SLU-15	359.6	-168.0	22440.8	5948.1	1403.6
SLU-16	418.2	-165.1	22328.0	5848.8	1637.6
SLU-17	192.9	189.5	23335.0	3295.7	737.8
SLU-18	251.4	192.5	23222.2	3196.4	971.8

Combinazione di carico	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLU-19	175.8	-162.1	23334.6	-25.7	669.5
SLU-20	234.4	-159.1	23221.8	-125.0	903.5
SLU-21	193.3	189.7	22441.2	9307.3	739.2
SLU-22	251.8	192.6	22328.5	9208.0	973.3
SLU-23	176.2	-161.9	22440.8	5986.0	670.9
SLU-24	234.7	-159.0	22328.1	5886.7	904.9
SLU-25	198.2	298.8	23335.1	4349.1	757.8
SLU-26	256.7	301.8	23222.4	4249.8	991.8
SLU-27	169.7	-287.1	23334.4	-1186.5	643.9
SLU-28	228.2	-284.2	23221.7	-1285.8	877.9
SLU-29	198.5	299.0	22441.4	10360.8	759.2
SLU-30	257.1	301.9	22328.6	10261.5	993.2
SLU-31	170.1	-287.0	22440.7	4825.2	645.3
SLU-32	228.6	-284.0	22327.9	4725.9	879.3
SLU-33	213.5	182.7	23455.2	3320.6	818.9
SLU-34	311.0	187.7	23267.3	3155.2	1209.0
SLU-35	196.4	-168.8	23454.8	-0.7	750.6
SLU-36	293.9	-163.9	23266.9	-166.2	1140.7
SLU-37	213.8	182.9	22561.5	9332.3	820.4
SLU-38	311.4	187.8	22373.6	9166.8	1210.4
SLU-39	196.8	-168.7	22561.1	6010.9	752.0
SLU-40	294.3	-163.8	22373.1	5845.5	1142.1
SLV-1	756.1	92.8	15170.9	1383.1	2914.7
SLV-2	796.8	94.8	15092.6	1314.2	3077.2
SLV-3	324.0	293.0	15170.9	2844.2	1713.9
SLV-4	364.7	295.1	15092.6	2775.2	1876.5
SLV-5	323.0	91.3	15421.0	1370.4	1242.6
SLV-6	363.6	93.3	15342.7	1301.5	1405.1
SLC-1	147.3	122.1	17369.8	2326.4	565.9
SLC-2	196.1	124.5	17275.8	2243.7	760.9
SLC-3	135.9	-112.3	17369.5	112.2	520.4
SLC-4	184.7	-109.9	17275.5	29.4	715.4
SLC-5	147.0	121.8	13470.1	-3447.1	564.5
SLC-6	195.7	124.3	13376.1	-3529.8	759.5
SLC-7	135.6	-112.6	13469.8	-5661.3	518.9
SLC-8	184.3	-110.1	13375.8	-5744.1	714.0
SLF-1	143.5	43.9	17369.7	1588.3	550.7
SLF-2	192.3	46.4	17275.7	1505.6	745.8
SLF-3	139.7	-34.2	17369.6	850.2	535.5
SLF-4	188.5	-31.7	17275.6	767.5	730.6
SLF-5	143.2	43.7	13470.0	-4185.2	549.3
SLF-6	191.9	46.2	13376.0	-4267.9	744.4
SLF-7	139.4	-34.4	13469.9	-4923.2	534.1
SLF-8	188.1	-32.0	13375.9	-5006.0	729.2
SLQP-1	137.2	4.6	15063.7	542.7	525.5
SLQP-2	177.8	6.6	14985.4	473.8	688.0

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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 43 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

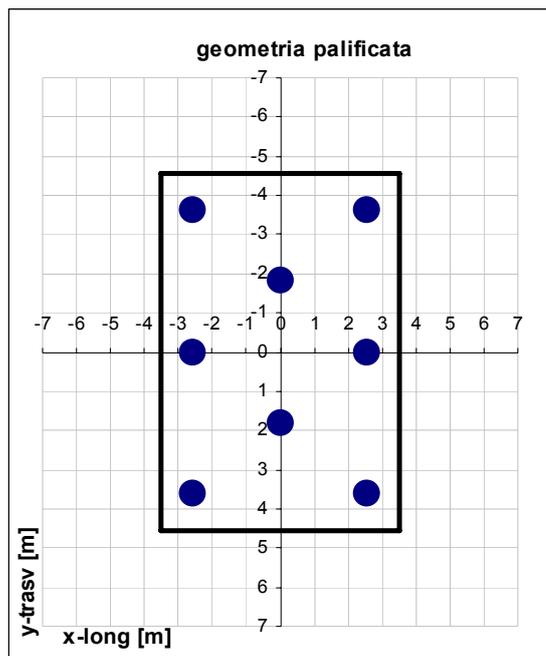
Di seguito si riportano la geometria della palificata – identica per tutte le pile del viadotto – e le azioni assiali e i tagli alla testa dei pali nelle diverse combinazioni di carico analizzate. In particolare, riguardo alle sollecitazioni di taglio agenti sui pali sono state adottate le seguenti notazioni:

Vx = taglio in direzione longitudinale;

Vy = taglio in direzione trasversale;

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

Geometria della palificata			trasversale	longitudinale
PALO	X	Y	Jxi	Jyi
1	-2.55	-3.60	12.96	9.61
2	-2.55	0.00	0.00	9.61
3	-2.55	3.60	12.96	9.61
4	0.00	-1.80	3.24	0.00
5	0.00	1.80	3.24	0.00
6	2.55	-3.60	12.96	9.61
7	2.55	0.00	0.00	9.61
8	2.55	3.60	12.96	9.61



Azioni sui Pali della Pila P01

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-1	2875	3093	3312	2936	3154	2779	2997	3216	24.1	22.7	33.1
SLU-2	2882	3094	3307	2925	3137	2755	2968	3180	31.4	23.1	39.0
SLU-3	3075	3089	3102	3038	3052	2988	3002	3015	21.9	-21.2	30.5
SLU-4	3083	3090	3097	3027	3035	2965	2972	2979	29.2	-20.9	35.9
SLU-5	2231	2944	3658	2540	3253	2135	2848	3561	24.1	22.7	33.1
SLU-6	2238	2946	3653	2529	3236	2112	2819	3526	31.4	23.1	39.0
SLU-7	2432	2940	3448	2642	3150	2344	2852	3361	22.0	-21.2	30.6
SLU-8	2439	2941	3443	2631	3133	2321	2823	3325	29.3	-20.8	36.0
SLU-9	2812	3013	3214	2816	3017	2620	2821	3022	47.0	22.9	52.3
SLU-10	2819	3014	3209	2805	3000	2596	2791	2986	54.4	23.3	59.1
SLU-11	3012	3008	3005	2919	2915	2829	2825	2821	44.9	-21.0	49.6
SLU-12	3020	3010	3000	2908	2898	2806	2796	2786	52.2	-20.6	56.2
SLU-13	2329	2901	3474	2519	3091	2137	2709	3281	47.1	22.9	52.4
SLU-14	2336	2903	3469	2508	3074	2113	2680	3246	54.4	23.3	59.2
SLU-15	2530	2897	3264	2622	2989	2346	2713	3081	45.0	-21.0	49.6

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-16	2537	2898	3259	2610	2972	2323	2684	3045	52.3	-20.6	56.2
SLU-17	2762	2965	3169	2815	3019	2665	2869	3072	24.1	23.7	33.8
SLU-18	2769	2966	3164	2804	3001	2642	2839	3037	31.4	24.1	39.6
SLU-19	2962	2961	2959	2918	2916	2875	2873	2871	22.0	-20.3	29.9
SLU-20	2969	2962	2954	2907	2899	2851	2844	2836	29.3	-19.9	35.4
SLU-21	2279	2853	3428	2518	3092	2182	2757	3331	24.2	23.7	33.9
SLU-22	2286	2855	3423	2507	3075	2159	2727	3296	31.5	24.1	39.6
SLU-23	2479	2849	3218	2620	2990	2392	2761	3131	22.0	-20.2	29.9
SLU-24	2487	2850	3214	2609	2973	2368	2732	3095	29.3	-19.9	35.4
SLU-25	2698	2966	3235	2783	3051	2599	2867	3136	24.8	37.4	44.8
SLU-26	2705	2968	3230	2772	3034	2576	2838	3100	32.1	37.7	49.5
SLU-27	3032	2959	2886	2953	2880	2948	2875	2801	21.2	-35.9	41.7
SLU-28	3039	2960	2881	2942	2863	2925	2845	2766	28.5	-35.5	45.6
SLU-29	2215	2855	3494	2485	3125	2116	2756	3395	24.8	37.4	44.9
SLU-30	2223	2856	3489	2474	3108	2093	2726	3360	32.1	37.7	49.6
SLU-31	2549	2847	3145	2656	2954	2465	2763	3061	21.3	-35.9	41.7
SLU-32	2557	2848	3140	2645	2937	2442	2734	3025	28.6	-35.5	45.6
SLU-33	2780	2985	3190	2829	3034	2673	2878	3083	26.7	22.8	35.1
SLU-34	2793	2987	3182	2811	3006	2635	2829	3024	38.9	23.5	45.4
SLU-35	2981	2981	2981	2932	2932	2883	2883	2883	24.6	-21.1	32.4
SLU-36	2993	2983	2973	2913	2903	2844	2834	2824	36.7	-20.5	42.1
SLU-37	2298	2874	3450	2532	3108	2190	2767	3343	26.7	22.9	35.2
SLU-38	2310	2876	3442	2514	3080	2152	2718	3283	38.9	23.5	45.5
SLU-39	2498	2869	3240	2635	3006	2400	2771	3142	24.6	-21.1	32.4
SLU-40	2510	2871	3232	2616	2977	2361	2722	3083	36.8	-20.5	42.1
SLV-1	2001	2087	2172	1854	1939	1620	1706	1791	94.5	11.6	95.2
SLV-2	2007	2088	2169	1846	1927	1604	1685	1767	99.6	11.9	100.3
SLV-3	1833	2008	2184	1809	1984	1609	1784	1960	40.5	36.6	54.6
SLV-4	1838	2009	2181	1801	1972	1593	1764	1935	45.6	36.9	58.6
SLV-5	1924	2009	2093	1885	1970	1762	1846	1931	40.4	11.4	42.0
SLV-6	1929	2010	2090	1878	1958	1746	1826	1906	45.5	11.7	46.9
SLR-1	2065	2208	2352	2099	2243	1991	2134	2278	18.4	15.3	23.9
SLR-2	2071	2209	2348	2090	2229	1971	2110	2248	24.5	15.6	29.0
SLR-3	2198	2205	2212	2168	2175	2130	2137	2144	17.0	-14.0	22.0
SLR-4	2204	2206	2208	2159	2160	2111	2113	2115	23.1	-13.7	26.9
SLR-5	1933	1721	1508	1790	1577	1860	1647	1434	18.4	15.2	23.9
SLR-6	1940	1722	1504	1781	1563	1840	1622	1404	24.5	15.5	29.0
SLR-7	2067	1718	1368	1858	1509	1999	1650	1300	16.9	-14.1	22.0
SLR-8	2073	1719	1364	1849	1495	1980	1625	1271	23.0	-13.8	26.8
SLF-1	2109	2207	2305	2122	2220	2037	2135	2233	17.9	5.5	18.8
SLF-2	2115	2208	2301	2113	2206	2018	2111	2204	24.0	5.8	24.7
SLF-3	2154	2206	2259	2145	2197	2084	2136	2189	17.5	-4.3	18.0
SLF-4	2160	2207	2255	2136	2183	2064	2112	2159	23.6	-4.0	23.9
SLF-5	1978	1720	1461	1813	1555	1906	1648	1389	17.9	5.5	18.7
SLF-6	1984	1721	1457	1804	1540	1887	1623	1360	24.0	5.8	24.7
SLF-7	2023	1719	1415	1836	1532	1953	1649	1345	17.4	-4.3	17.9
SLF-8	2029	1720	1411	1826	1517	1933	1624	1315	23.5	-4.0	23.9
SLQP-1	1884	1917	1951	1866	1900	1815	1849	1882	17.1	0.6	17.2

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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 45 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLQP-2	1889	1918	1947	1859	1888	1799	1828	1857	22.2	0.8	22.2

PILA 02

Tabella 3.4 - Azioni sulla palificata.

	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
Combinazione di carico	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLU-1	121.6	213.4	23302.1	4352.8	1245.5
SLU-2	149.9	216.8	23273.5	4290.9	1543.1
SLU-3	113.6	-194.2	23300.8	-1326.5	1161.4
SLU-4	141.9	-190.9	23272.2	-1388.4	1459.0
SLU-5	121.8	233.6	22017.0	11486.9	1248.0
SLU-6	150.2	237.0	21988.5	11425.1	1545.6
SLU-7	113.8	-174.1	22015.7	5807.7	1163.9
SLU-8	142.2	-170.7	21987.1	5745.8	1461.5
SLU-9	299.4	213.4	22298.6	4104.1	3112.4
SLU-10	327.7	216.7	22270.0	4042.3	3410.0
SLU-11	291.4	-194.3	22297.2	-1575.1	3028.3
SLU-12	319.7	-191.0	22268.6	-1637.0	3325.9
SLU-13	299.6	228.5	21334.8	9454.8	3114.3
SLU-14	327.9	231.9	21306.2	9392.9	3411.9
SLU-15	291.6	-179.2	21333.4	3775.5	3030.2
SLU-16	319.9	-175.8	21304.8	3713.6	3327.8
SLU-17	121.8	221.0	22298.6	4196.4	1248.1
SLU-18	150.1	224.3	22270.0	4134.6	1545.7
SLU-19	113.8	-186.7	22297.3	-1482.8	1164.0
SLU-20	142.1	-183.4	22268.7	-1544.7	1461.6
SLU-21	122.0	236.1	21334.8	9547.1	1250.0
SLU-22	150.3	239.5	21306.2	9485.2	1547.6
SLU-23	114.0	-171.6	21333.5	3867.8	1165.8
SLU-24	142.3	-168.2	21304.9	3805.9	1463.5
SLU-25	124.3	348.6	22299.0	5988.3	1273.5
SLU-26	152.6	352.0	22270.4	5926.4	1571.1
SLU-27	110.9	-330.8	22296.8	-3477.2	1133.3
SLU-28	139.2	-327.5	22268.2	-3539.0	1430.9
SLU-29	124.4	363.8	21335.2	11338.9	1275.3
SLU-30	152.8	367.1	21306.6	11277.1	1573.0
SLU-31	111.1	-315.7	21333.0	1873.5	1135.2
SLU-32	139.4	-312.3	21304.4	1811.6	1432.8
SLU-33	131.8	213.7	22329.1	4164.3	1352.2
SLU-34	179.0	219.4	22281.4	4061.2	1848.3
SLU-35	123.7	-193.9	22327.7	-1515.0	1268.1
SLU-36	171.0	-188.3	22280.1	-1618.1	1764.2
SLU-37	131.9	228.9	21365.3	9514.9	1354.1
SLU-38	179.2	234.5	21317.6	9411.8	1850.1
SLU-39	123.9	-178.8	21363.9	3835.7	1270.0

	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
Combinazione di carico	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLU-40	171.2	-173.2	21316.3	3732.6	1766.0
SLV-1	760.5	113.4	14417.2	1955.7	7548.4
SLV-2	780.2	115.8	14397.3	1912.8	7755.1
SLV-3	288.8	363.9	14417.2	5006.6	3395.7
SLV-4	308.5	366.3	14397.3	4963.6	3602.4
SLV-5	288.0	113.0	14685.9	1950.1	2878.7
SLV-6	307.7	115.4	14666.1	1907.2	3085.4
SLC-1	90.3	143.1	16538.9	2858.7	926.8
SLC-2	113.9	145.9	16515.0	2807.2	1174.9
SLC-3	84.9	-128.7	16538.0	-927.5	870.8
SLC-4	108.5	-125.9	16514.2	-979.0	1118.8
SLC-5	90.1	128.8	12792.6	-2249.4	925.0
SLC-6	113.7	131.6	12768.8	-2301.0	1173.0
SLC-7	84.7	-143.0	12791.7	-6035.6	868.9
SLC-8	108.4	-140.1	12767.9	-6087.1	1116.9
SLF-1	88.5	52.5	16538.6	1596.6	908.1
SLF-2	112.1	55.3	16514.7	1545.1	1156.2
SLF-3	86.7	-38.1	16538.3	334.6	889.5
SLF-4	110.3	-35.3	16514.4	283.0	1137.5
SLF-5	88.3	38.2	12792.3	-3511.5	906.3
SLF-6	111.9	41.0	12768.5	-3563.0	1154.3
SLF-7	86.5	-52.4	12792.0	-4773.5	887.6
SLF-8	110.1	-49.6	12768.2	-4825.1	1135.6
SLQP-1	85.4	5.5	14302.0	378.9	876.3
SLQP-2	105.1	7.8	14282.1	335.9	1083.0

Azioni sui Pali della Pila P02

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-1	2725	2994	3263	2778	3047	2563	2831	3100	15.2	26.7	30.7
SLU-2	2745	3010	3275	2777	3042	2543	2808	3073	18.7	27.1	33.0
SLU-3	3070	2989	2907	2954	2872	2919	2837	2755	14.2	-24.3	28.1
SLU-4	3090	3004	2919	2952	2866	2899	2814	2728	17.7	-23.9	29.7
SLU-5	2125	2834	3543	2398	3107	1961	2671	3380	15.2	29.2	32.9
SLU-6	2144	2850	3555	2396	3101	1942	2648	3353	18.8	29.6	35.1
SLU-7	2470	2828	3187	2573	2931	2317	2676	3034	14.2	-21.8	26.0
SLU-8	2489	2844	3199	2571	2926	2298	2653	3008	17.8	-21.3	27.8
SLU-9	2737	2991	3244	2661	2914	2331	2584	2837	37.4	26.7	46.0
SLU-10	2757	3007	3256	2659	2909	2311	2561	2810	41.0	27.1	49.1
SLU-11	3082	2985	2888	2836	2739	2686	2589	2492	36.4	-24.3	43.8
SLU-12	3102	3001	2900	2834	2733	2667	2566	2465	40.0	-23.9	46.6
SLU-13	2287	2870	3454	2375	2959	1880	2463	3047	37.4	28.6	47.1
SLU-14	2306	2886	3466	2373	2953	1860	2440	3020	41.0	29.0	50.2
SLU-15	2632	2865	3098	2550	2783	2236	2469	2702	36.4	-22.4	42.8
SLU-16	2651	2881	3110	2548	2778	2216	2446	2675	40.0	-22.0	45.6

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-17	2610	2869	3128	2658	2917	2447	2706	2965	15.2	27.6	31.5
SLU-18	2630	2885	3140	2656	2911	2428	2683	2938	18.8	28.0	33.7
SLU-19	2955	2863	2772	2833	2741	2803	2711	2620	14.2	-23.3	27.3
SLU-20	2974	2879	2784	2831	2736	2783	2688	2593	17.8	-22.9	29.0
SLU-21	2159	2749	3338	2372	2962	1996	2585	3174	15.2	29.5	33.2
SLU-22	2179	2764	3350	2371	2956	1977	2562	3148	18.8	29.9	35.3
SLU-23	2504	2743	2982	2547	2786	2352	2590	2829	14.2	-21.5	25.7
SLU-24	2524	2759	2994	2546	2781	2333	2567	2802	17.8	-21.0	27.5
SLU-25	2501	2871	3240	2603	2972	2334	2704	3074	15.5	43.6	46.3
SLU-26	2521	2886	3252	2601	2967	2315	2681	3047	19.1	44.0	48.0
SLU-27	3076	2861	2647	2894	2680	2928	2713	2498	13.9	-41.4	43.6
SLU-28	3096	2877	2659	2893	2674	2908	2690	2472	17.4	-40.9	44.5
SLU-29	2050	2750	3450	2317	3017	1884	2584	3283	15.6	45.5	48.1
SLU-30	2070	2766	3462	2315	3011	1864	2561	3257	19.1	45.9	49.7
SLU-31	2625	2741	2856	2609	2724	2477	2592	2708	13.9	-39.5	41.8
SLU-32	2645	2757	2869	2607	2719	2458	2569	2681	17.4	-39.0	42.8
SLU-33	2622	2880	3137	2663	2920	2446	2703	2960	16.5	26.7	31.4
SLU-34	2655	2906	3157	2660	2911	2414	2664	2915	22.4	27.4	35.4
SLU-35	2967	2874	2780	2838	2744	2802	2708	2615	15.5	-24.2	28.8
SLU-36	3000	2900	2800	2835	2735	2770	2670	2570	21.4	-23.5	31.8
SLU-37	2172	2759	3347	2377	2964	1995	2582	3169	16.5	28.6	33.0
SLU-38	2205	2786	3367	2374	2955	1963	2544	3125	22.4	29.3	36.9
SLU-39	2517	2753	2990	2552	2789	2351	2587	2824	15.5	-22.4	27.2
SLU-40	2550	2780	3010	2549	2780	2319	2549	2780	21.4	-21.6	30.4
SLV-1	2175	2296	2416	1742	1863	1188	1309	1430	95.1	14.2	96.1
SLV-2	2188	2307	2425	1741	1859	1175	1293	1411	97.5	14.5	98.6
SLV-3	1715	2024	2333	1648	1957	1271	1580	1889	36.1	45.5	58.1
SLV-4	1729	2035	2342	1646	1953	1258	1564	1871	38.6	45.8	59.9
SLV-5	1904	2024	2144	1776	1896	1527	1648	1768	36.0	14.1	38.7
SLV-6	1917	2035	2153	1774	1892	1514	1632	1749	38.5	14.4	41.1
SLR-1	1951	2128	2304	1979	2156	1830	2007	2183	11.3	17.9	21.1
SLR-2	1968	2141	2314	1978	2151	1814	1988	2161	14.2	18.2	23.1
SLR-3	2181	2124	2067	2096	2039	2068	2010	1953	10.6	-16.1	19.3
SLR-4	2198	2137	2077	2094	2034	2052	1991	1931	13.6	-15.7	20.8
SLR-5	1798	1660	1521	1669	1530	1677	1539	1400	11.3	16.1	19.6
SLR-6	1815	1673	1531	1667	1525	1661	1519	1377	14.2	16.5	21.7
SLR-7	2028	1656	1283	1785	1413	1915	1542	1170	10.6	-17.9	20.8
SLR-8	2045	1669	1293	1784	1408	1899	1523	1147	13.5	-17.5	22.1
SLF-1	2028	2127	2225	2018	2117	1909	2008	2107	11.1	6.6	12.9
SLF-2	2045	2140	2235	2017	2112	1893	1989	2084	14.0	6.9	15.6
SLF-3	2105	2125	2146	2057	2078	1988	2009	2030	10.8	-4.8	11.8
SLF-4	2121	2139	2156	2056	2073	1972	1990	2007	13.8	-4.4	14.5
SLF-5	1875	1658	1442	1707	1491	1757	1540	1323	11.0	4.8	12.0
SLF-6	1891	1672	1452	1706	1486	1741	1521	1301	14.0	5.1	14.9
SLF-7	1952	1657	1362	1746	1452	1836	1541	1246	10.8	-6.5	12.6
SLF-8	1968	1670	1372	1745	1447	1820	1522	1224	13.8	-6.2	15.1
SLQP-1	1822	1845	1868	1776	1799	1707	1730	1754	10.7	0.7	10.7
SLQP-2	1835	1856	1877	1775	1796	1694	1714	1735	13.1	1.0	13.2

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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 48 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

PILA 03

Tabella 3.5 - Azioni sulla palificata.

Combinazione di carico	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLU-1	65.0	211.5	23289.0	4225.6	520.4
SLU-2	65.2	214.9	23275.9	4150.3	521.8
SLU-3	64.8	-194.2	23288.8	-961.0	518.1
SLU-4	64.9	-190.8	23275.7	-1036.3	519.5
SLU-5	65.1	224.9	22022.0	11747.6	520.8
SLU-6	65.2	228.4	22008.8	11672.3	522.1
SLU-7	64.8	-180.8	22021.7	6561.0	518.5
SLU-8	65.0	-177.3	22008.6	6485.7	519.8
SLU-9	245.5	211.2	22273.6	3956.2	2054.8
SLU-10	245.7	214.6	22260.5	3880.9	2056.1
SLU-11	245.3	-194.5	22273.3	-1230.4	2052.5
SLU-12	245.4	-191.1	22260.2	-1305.7	2053.8
SLU-13	245.6	221.3	21323.3	9597.7	2055.0
SLU-14	245.7	224.7	21310.2	9522.4	2056.4
SLU-15	245.3	-184.4	21323.0	4411.1	2052.7
SLU-16	245.5	-181.0	21309.9	4335.8	2054.1
SLU-17	65.0	219.5	22273.6	4046.1	520.5
SLU-18	65.2	222.9	22260.5	3970.8	521.8
SLU-19	64.8	-186.2	22273.3	-1140.5	518.2
SLU-20	64.9	-182.8	22260.2	-1215.8	519.5
SLU-21	65.1	229.6	21323.3	9687.6	520.8
SLU-22	65.2	233.0	21310.2	9612.3	522.1
SLU-23	64.8	-176.1	21323.0	4501.0	518.5
SLU-24	65.0	-172.7	21309.9	4425.7	519.8
SLU-25	65.1	346.3	22273.6	5683.0	521.2
SLU-26	65.3	349.7	22260.5	5607.7	522.5
SLU-27	64.7	-329.9	22273.2	-2961.4	517.3
SLU-28	64.8	-326.5	22260.1	-3036.7	518.7
SLU-29	65.1	356.4	21323.3	11324.5	521.5
SLU-30	65.3	359.8	21310.2	11249.2	522.8
SLU-31	64.7	-319.8	21322.9	2680.1	517.6
SLU-32	64.9	-316.4	21309.8	2604.8	519.0
SLU-33	65.1	212.1	22287.5	4027.4	520.9
SLU-34	65.3	217.8	22265.7	3901.9	523.1
SLU-35	64.8	-193.6	22287.3	-1159.3	518.6
SLU-36	65.1	-187.9	22265.5	-1284.7	520.8
SLU-37	65.1	222.2	21337.3	9668.9	521.2
SLU-38	65.4	227.9	21315.4	9543.4	523.4
SLU-39	64.8	-183.5	21337.0	4482.2	518.9
SLU-40	65.1	-177.8	21315.2	4356.7	521.1
SLV-1	696.0	109.8	14363.6	1818.0	5630.2

Combinazione di carico	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLV-2	696.1	112.1	14354.5	1765.7	5631.2
SLV-3	240.4	350.9	14363.6	4453.2	2435.2
SLV-4	240.5	353.3	14354.5	4400.9	2436.1
SLV-5	239.2	109.2	14630.4	1810.2	1932.5
SLV-6	239.3	111.5	14621.3	1757.9	1933.4
SLC-1	43.4	141.9	16508.8	2776.3	347.4
SLC-2	43.5	144.8	16497.8	2713.5	348.5
SLC-3	43.2	-128.6	16508.6	-681.5	345.8
SLC-4	43.4	-125.7	16497.7	-744.2	347.0
SLC-5	43.4	132.5	12699.6	-2609.2	347.1
SLC-6	43.5	135.3	12688.7	-2671.9	348.2
SLC-7	43.2	-138.0	12699.4	-6066.9	345.6
SLC-8	43.3	-135.1	12688.5	-6129.7	346.7
SLF-1	43.3	51.8	16508.7	1623.7	346.9
SLF-2	43.5	54.6	16497.8	1560.9	348.0
SLF-3	43.3	-38.4	16508.7	471.1	346.4
SLF-4	43.4	-35.6	16497.7	408.4	347.5
SLF-5	43.3	42.3	12699.5	-3761.7	346.6
SLF-6	43.4	45.2	12688.6	-3824.5	347.7
SLF-7	43.2	-47.8	12699.5	-4914.3	346.1
SLF-8	43.4	-45.0	12688.5	-4977.1	347.2
SLQP-1	43.3	5.5	14249.2	428.9	346.5
SLQP-2	43.4	7.8	14240.1	376.6	347.4

Azioni sui Pali della Pila P03

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-1	2684	2945	3206	2781	3042	2616	2877	3138	8.1	26.4	27.7
SLU-2	2687	2944	3200	2781	3038	2619	2875	3132	8.1	26.9	28.1
SLU-3	3004	2945	2886	2941	2881	2937	2877	2818	8.1	-24.3	25.6
SLU-4	3007	2943	2879	2941	2877	2939	2876	2812	8.1	-23.9	25.2
SLU-5	2062	2787	3512	2390	3115	1994	2719	3444	8.1	28.1	29.3
SLU-6	2065	2785	3506	2391	3111	1996	2717	3437	8.2	28.5	29.7
SLU-7	2382	2787	3192	2550	2955	2314	2719	3124	8.1	-22.6	24.0
SLU-8	2385	2785	3185	2551	2951	2317	2717	3117	8.1	-22.2	23.6
SLU-9	2674	2918	3163	2662	2906	2406	2650	2894	30.7	26.4	40.5
SLU-10	2677	2917	3157	2663	2902	2409	2648	2888	30.7	26.8	40.8
SLU-11	2994	2918	2842	2822	2746	2726	2650	2574	30.7	-24.3	39.1
SLU-12	2997	2917	2836	2823	2742	2729	2648	2568	30.7	-23.9	38.9
SLU-13	2207	2800	3392	2369	2962	1939	2531	3124	30.7	27.7	41.3
SLU-14	2210	2798	3386	2370	2958	1942	2529	3117	30.7	28.1	41.6
SLU-15	2527	2800	3072	2529	2802	2259	2531	2804	30.7	-23.0	38.4
SLU-16	2530	2798	3066	2530	2798	2262	2529	2797	30.7	-22.6	38.1
SLU-17	2568	2818	3068	2659	2909	2500	2750	3000	8.1	27.4	28.6
SLU-18	2572	2817	3062	2660	2905	2503	2748	2994	8.1	27.9	29.0
SLU-19	2888	2818	2748	2819	2749	2821	2750	2680	8.1	-23.3	24.6

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-20	2892	2816	2741	2820	2745	2824	2749	2674	8.1	-22.8	24.2
SLU-21	2101	2699	3297	2366	2964	2033	2631	3229	8.1	28.7	29.8
SLU-22	2105	2698	3291	2367	2960	2036	2630	3223	8.2	29.1	30.2
SLU-23	2421	2699	2977	2526	2804	2354	2631	2909	8.1	-22.0	23.5
SLU-24	2425	2698	2971	2527	2800	2357	2630	2903	8.1	-21.6	23.1
SLU-25	2467	2818	3169	2609	2960	2399	2750	3101	8.1	43.3	44.0
SLU-26	2471	2817	3163	2609	2956	2402	2748	3095	8.2	43.7	44.5
SLU-27	3001	2818	2635	2876	2693	2933	2750	2568	8.1	-41.2	42.0
SLU-28	3004	2816	2629	2876	2689	2936	2749	2561	8.1	-40.8	41.6
SLU-29	2000	2700	3399	2316	3015	1932	2631	3330	8.1	44.5	45.3
SLU-30	2004	2698	3392	2317	3011	1935	2630	3324	8.2	45.0	45.7
SLU-31	2534	2699	2865	2583	2748	2466	2632	2797	8.1	-40.0	40.8
SLU-32	2537	2698	2858	2583	2744	2469	2630	2791	8.1	-39.5	40.4
SLU-33	2571	2820	3069	2662	2910	2503	2752	3001	8.1	26.5	27.7
SLU-34	2577	2817	3058	2663	2904	2508	2749	2990	8.2	27.2	28.4
SLU-35	2891	2820	2748	2822	2750	2824	2752	2680	8.1	-24.2	25.5
SLU-36	2897	2817	2738	2823	2744	2828	2749	2670	8.1	-23.5	24.9
SLU-37	2104	2701	3298	2369	2966	2036	2633	3230	8.1	27.8	28.9
SLU-38	2110	2699	3288	2370	2959	2041	2630	3219	8.2	28.5	29.6
SLU-39	2424	2701	2978	2529	2805	2357	2633	2910	8.1	-22.9	24.3
SLU-40	2430	2698	2967	2530	2799	2361	2630	2899	8.1	-22.2	23.7
SLV-1	2051	2163	2276	1739	1852	1315	1427	1540	87.0	13.7	88.1
SLV-2	2053	2162	2271	1740	1849	1317	1426	1535	87.0	14.0	88.1
SLV-3	1680	1955	2229	1658	1933	1361	1636	1911	30.1	43.9	53.2
SLV-4	1682	1954	2225	1658	1930	1363	1635	1907	30.1	44.2	53.4
SLV-5	1843	1955	2067	1773	1885	1591	1702	1814	29.9	13.6	32.9
SLV-6	1846	1954	2063	1773	1882	1593	1701	1810	29.9	13.9	33.0
SLR-1	1915	2086	2258	1978	2149	1870	2041	2212	5.4	17.7	18.5
SLR-2	1918	2085	2253	1978	2146	1872	2039	2207	5.4	18.1	18.9
SLR-3	2128	2086	2044	2085	2043	2083	2041	1999	5.4	-16.1	17.0
SLR-4	2131	2085	2039	2085	2039	2085	2040	1994	5.4	-15.7	16.6
SLR-5	1771	1610	1449	1668	1507	1726	1565	1404	5.4	16.6	17.4
SLR-6	1774	1609	1444	1669	1504	1728	1563	1398	5.4	16.9	17.8
SLR-7	1985	1610	1236	1775	1400	1939	1565	1190	5.4	-17.2	18.1
SLR-8	1987	1609	1230	1775	1397	1942	1563	1185	5.4	-16.9	17.7
SLF-1	1986	2086	2186	2013	2114	1941	2041	2141	5.4	6.5	8.4
SLF-2	1989	2085	2181	2014	2110	1943	2039	2136	5.4	6.8	8.7
SLF-3	2057	2086	2115	2049	2078	2012	2041	2070	5.4	-4.8	7.2
SLF-4	2060	2085	2110	2050	2075	2014	2040	2065	5.4	-4.4	7.0
SLF-5	1842	1610	1378	1704	1471	1797	1565	1333	5.4	5.3	7.6
SLF-6	1845	1609	1373	1704	1468	1799	1563	1327	5.4	5.6	7.8
SLF-7	1913	1610	1307	1739	1436	1868	1565	1261	5.4	-6.0	8.1
SLF-8	1916	1609	1302	1740	1432	1871	1563	1256	5.4	-5.6	7.8
SLQP-1	1777	1804	1830	1768	1794	1732	1759	1785	5.4	0.7	5.5
SLQP-2	1779	1803	1826	1768	1792	1734	1757	1781	5.4	1.0	5.5

PILA 04

Tabella 3.6 - Azioni sulla palificata.

Combinazione di carico	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLU-1	122.9	194.6	22524.8	2876.7	521.9
SLU-2	151.9	197.7	22496.2	2785.7	652.3
SLU-3	114.8	-181.1	22524.7	-785.8	485.5
SLU-4	143.8	-178.0	22496.1	-876.8	615.8
SLU-5	123.2	196.7	21244.0	11507.0	523.1
SLU-6	152.2	199.9	21215.4	11416.0	653.5
SLU-7	115.1	-179.0	21243.9	7844.5	486.6
SLU-8	144.1	-175.8	21215.3	7753.4	617.0
SLU-9	306.6	195.0	21519.7	2761.3	1348.6
SLU-10	335.6	198.2	21491.0	2670.2	1479.0
SLU-11	298.5	-180.7	21519.5	-901.3	1312.1
SLU-12	327.5	-177.5	21490.9	-992.3	1442.5
SLU-13	306.8	196.7	20559.1	9234.0	1349.5
SLU-14	335.8	199.8	20530.4	9142.9	1479.8
SLU-15	298.7	-179.0	20558.9	5571.4	1313.0
SLU-16	327.7	-175.9	20530.3	5480.4	1443.4
SLU-17	123.1	202.8	21519.7	2815.9	523.3
SLU-18	152.1	206.0	21491.0	2724.9	653.7
SLU-19	115.0	-172.9	21519.6	-846.6	486.9
SLU-20	144.0	-169.7	21490.9	-937.7	617.2
SLU-21	123.3	204.5	20559.1	9288.6	524.2
SLU-22	152.3	207.6	20530.4	9197.5	654.6
SLU-23	115.2	-171.2	20558.9	5626.1	487.7
SLU-24	144.2	-168.1	20530.3	5535.0	618.1
SLU-25	125.6	319.7	21519.7	3976.3	534.0
SLU-26	154.6	322.8	21491.1	3885.2	664.4
SLU-27	112.1	-306.5	21519.5	-2128.0	473.3
SLU-28	141.1	-303.4	21490.9	-2219.0	603.6
SLU-29	125.8	321.3	20559.1	10449.0	534.9
SLU-30	154.8	324.4	20530.5	10357.9	665.3
SLU-31	112.3	-304.9	20558.9	4344.7	474.1
SLU-32	141.3	-301.7	20530.3	4253.7	604.5
SLU-33	133.3	195.6	21550.2	2825.6	568.7
SLU-34	181.6	200.8	21502.5	2673.9	786.0
SLU-35	125.2	-180.1	21550.1	-836.9	532.2
SLU-36	173.5	-174.9	21502.4	-988.7	749.5
SLU-37	133.5	197.2	20589.6	9298.3	569.5
SLU-38	181.8	202.5	20541.9	9146.6	786.8
SLU-39	125.4	-178.5	20589.5	5635.8	533.1
SLU-40	173.7	-173.2	20541.8	5484.0	750.4
SLV-1	708.2	98.3	13830.8	1365.7	3068.3
SLV-2	728.4	100.5	13811.0	1302.5	3158.9
SLV-3	275.0	310.6	13830.8	2977.5	1657.7
SLV-4	295.1	312.8	13811.0	2914.3	1748.3
SLV-5	273.2	96.7	14084.9	1351.3	1178.9

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 52 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
Combinazione di carico	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLV-6	293.3	98.9	14065.0	1288.0	1269.5
SLC-1	91.3	130.7	15962.0	1946.5	390.2
SLC-2	115.5	133.3	15938.1	1870.7	498.9
SLC-3	85.9	-119.8	15961.9	-495.1	365.9
SLC-4	110.1	-117.2	15938.1	-571.0	474.6
SLC-5	91.2	128.9	12206.3	-3387.2	389.4
SLC-6	115.3	131.5	12182.4	-3463.1	498.0
SLC-7	85.8	-121.6	12206.2	-5828.9	365.1
SLC-8	109.9	-119.0	12182.4	-5904.8	473.7
SLF-1	89.5	47.2	15962.0	1132.6	382.1
SLF-2	113.7	49.8	15938.1	1056.8	490.8
SLF-3	87.7	-36.3	15961.9	318.8	374.0
SLF-4	111.9	-33.7	15938.1	242.9	482.7
SLF-5	89.4	45.4	12206.3	-4201.1	381.3
SLF-6	113.5	48.0	12182.4	-4277.0	489.9
SLF-7	87.6	-38.1	12206.2	-5015.0	373.2
SLF-8	111.7	-35.5	12182.4	-5090.9	481.8
SLQP-1	86.5	4.9	13722.0	441.5	368.2
SLQP-2	106.6	7.1	13702.1	378.3	458.8

Azioni sui Pali della Pila P04

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-1	2672	2850	3027	2727	2904	2604	2781	2959	15.4	24.3	28.8
SLU-2	2683	2855	3027	2726	2898	2597	2769	2941	19.0	24.7	31.2
SLU-3	2896	2847	2799	2840	2791	2832	2784	2735	14.4	-22.6	26.8
SLU-4	2906	2852	2798	2839	2785	2826	2772	2718	18.0	-22.2	28.6
SLU-5	1979	2690	3400	2300	3011	1911	2621	3332	15.4	24.6	29.0
SLU-6	1990	2695	3399	2300	3004	1905	2609	3314	19.0	25.0	31.4
SLU-7	2203	2687	3172	2413	2898	2139	2624	3108	14.4	-22.4	26.6
SLU-8	2214	2692	3171	2413	2891	2133	2612	3090	18.0	-22.0	28.4
SLU-9	2608	2778	2949	2605	2775	2431	2602	2772	38.3	24.4	45.4
SLU-10	2618	2783	2948	2604	2769	2425	2590	2755	42.0	24.8	48.7
SLU-11	2831	2776	2720	2718	2662	2660	2604	2549	37.3	-22.6	43.6
SLU-12	2842	2781	2719	2717	2656	2653	2592	2531	40.9	-22.2	46.6
SLU-13	2088	2658	3228	2285	2855	1912	2482	3052	38.4	24.6	45.6
SLU-14	2099	2663	3227	2284	2848	1905	2470	3034	42.0	25.0	48.8
SLU-15	2312	2656	3000	2398	2742	2140	2484	2828	37.3	-22.4	43.5
SLU-16	2322	2661	2999	2397	2735	2134	2472	2810	41.0	-22.0	46.5
SLU-17	2550	2724	2898	2603	2777	2482	2656	2830	15.4	25.4	29.7
SLU-18	2561	2729	2897	2602	2770	2475	2644	2812	19.0	25.7	32.0
SLU-19	2774	2722	2670	2716	2664	2710	2658	2606	14.4	-21.6	26.0
SLU-20	2785	2727	2669	2715	2657	2704	2646	2588	18.0	-21.2	27.8
SLU-21	2031	2604	3178	2283	2857	1962	2536	3109	15.4	25.6	29.8
SLU-22	2041	2609	3177	2282	2850	1956	2524	3091	19.0	26.0	32.2

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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 53 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-23	2254	2602	2949	2396	2744	2191	2538	2885	14.4	-21.4	25.8
SLU-24	2265	2607	2948	2395	2737	2184	2526	2868	18.0	-21.0	27.7
SLU-25	2479	2725	2970	2567	2813	2410	2655	2901	15.7	40.0	42.9
SLU-26	2490	2730	2970	2566	2806	2403	2643	2883	19.3	40.4	44.7
SLU-27	2852	2721	2590	2756	2624	2790	2659	2528	14.0	-38.3	40.8
SLU-28	2863	2726	2589	2755	2618	2784	2647	2510	17.6	-37.9	41.8
SLU-29	1960	2605	3250	2247	2892	1890	2535	3180	15.7	40.2	43.1
SLU-30	1970	2610	3249	2247	2886	1883	2523	3162	19.3	40.6	44.9
SLU-31	2333	2601	2869	2436	2704	2271	2539	2807	14.0	-38.1	40.6
SLU-32	2343	2606	2868	2435	2698	2264	2527	2789	17.7	-37.7	41.6
SLU-33	2557	2731	2905	2607	2781	2482	2657	2831	16.7	24.4	29.6
SLU-34	2574	2739	2904	2605	2770	2471	2636	2801	22.7	25.1	33.8
SLU-35	2780	2729	2677	2720	2668	2711	2659	2607	15.7	-22.5	27.4
SLU-36	2798	2737	2676	2718	2657	2700	2639	2578	21.7	-21.9	30.8
SLU-37	2037	2611	3185	2287	2861	1963	2536	3110	16.7	24.6	29.8
SLU-38	2055	2619	3184	2285	2850	1952	2516	3081	22.7	25.3	34.0
SLU-39	2261	2609	2956	2400	2748	2191	2539	2887	15.7	-22.3	27.3
SLU-40	2278	2617	2955	2398	2737	2180	2519	2857	21.7	-21.7	30.7
SLV-1	1845	1929	2014	1687	1771	1444	1528	1613	88.5	12.3	89.4
SLV-2	1852	1933	2013	1686	1767	1440	1520	1600	91.0	12.6	91.9
SLV-3	1653	1837	2021	1637	1821	1437	1621	1804	34.4	38.8	51.9
SLV-4	1661	1841	2021	1636	1816	1432	1612	1792	36.9	39.1	53.8
SLV-5	1754	1838	1921	1719	1802	1600	1684	1767	34.1	12.1	36.2
SLV-6	1762	1841	1921	1718	1798	1596	1675	1755	36.7	12.4	38.7
SLR-1	1901	2021	2141	1935	2055	1850	1970	2090	11.4	16.3	19.9
SLR-2	1909	2025	2140	1935	2050	1844	1960	2075	14.4	16.7	22.0
SLR-3	2050	2019	1989	2011	1980	2002	1971	1941	10.7	-15.0	18.4
SLR-4	2059	2023	1988	2010	1975	1996	1961	1926	13.8	-14.6	20.1
SLR-5	1760	1551	1342	1630	1421	1709	1500	1291	11.4	16.1	19.7
SLR-6	1769	1555	1342	1630	1416	1704	1490	1276	14.4	16.4	21.9
SLR-7	1909	1550	1190	1706	1346	1862	1502	1142	10.7	-15.2	18.6
SLR-8	1918	1554	1189	1705	1341	1856	1492	1127	13.7	-14.9	20.2
SLF-1	1950	2020	2090	1960	2030	1900	1970	2040	11.2	5.9	12.7
SLF-2	1959	2024	2090	1960	2025	1895	1960	2025	14.2	6.2	15.5
SLF-3	2000	2020	2039	1985	2005	1951	1971	1990	11.0	-4.5	11.9
SLF-4	2009	2024	2039	1985	2000	1946	1961	1976	14.0	-4.2	14.6
SLF-5	1810	1551	1291	1655	1396	1760	1501	1242	11.2	5.7	12.5
SLF-6	1819	1555	1291	1655	1391	1755	1491	1227	14.2	6.0	15.4
SLF-7	1860	1550	1241	1681	1371	1811	1501	1192	10.9	-4.8	11.9
SLF-8	1869	1554	1240	1680	1366	1806	1491	1177	14.0	-4.4	14.6
SLQP-1	1712	1739	1767	1702	1729	1664	1691	1718	10.8	0.6	10.8
SLQP-2	1719	1743	1766	1701	1724	1659	1683	1706	13.3	0.9	13.4

PILA 05

Tabella 3.7 - Azioni sulla palificata.

	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
--	----------------------	--------------------	------------------	---------------------	-----------------------

Combinazione di carico	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLU-1	192.2	176.0	24153.4	3179.8	445.5
SLU-2	250.6	179.0	24040.6	3093.6	591.4
SLU-3	175.0	-164.1	24153.1	519.4	402.6
SLU-4	233.4	-161.2	24040.3	433.2	548.5
SLU-5	192.6	175.9	22977.5	11182.0	446.6
SLU-6	251.0	178.9	22864.7	11095.8	592.5
SLU-7	175.5	-164.3	22977.2	8521.6	403.7
SLU-8	233.8	-161.3	22864.4	8435.3	549.6
SLU-9	376.6	177.9	23126.9	2897.6	906.5
SLU-10	435.0	180.9	23014.0	2811.4	1052.4
SLU-11	359.4	-162.3	23126.6	237.2	863.6
SLU-12	417.8	-159.3	23013.8	151.0	1009.5
SLU-13	376.9	177.8	22244.9	8899.2	907.3
SLU-14	435.3	180.8	22132.1	8813.0	1053.2
SLU-15	359.8	-162.3	22244.7	6238.8	864.4
SLU-16	418.1	-159.4	22131.9	6152.6	1010.3
SLU-17	192.6	183.9	23126.9	2923.0	447.7
SLU-18	251.0	186.8	23014.0	2836.7	593.6
SLU-19	175.5	-156.3	23126.6	262.5	404.8
SLU-20	233.8	-153.3	23013.8	176.3	550.7
SLU-21	193.0	183.8	22244.9	8924.6	448.5
SLU-22	251.3	186.8	22132.1	8838.3	594.4
SLU-23	175.8	-156.4	22244.7	6264.1	405.6
SLU-24	234.2	-153.4	22131.9	6177.9	551.5
SLU-25	197.9	289.4	23127.0	3770.4	459.8
SLU-26	256.3	292.4	23014.1	3684.2	605.7
SLU-27	169.3	-277.6	23126.5	-663.6	388.3
SLU-28	227.7	-274.6	23013.7	-749.8	534.2
SLU-29	198.2	289.3	22245.0	9772.0	460.6
SLU-30	256.6	292.3	22132.2	9685.8	606.5
SLU-31	169.6	-277.7	22244.6	5338.0	389.1
SLU-32	228.0	-274.7	22131.8	5251.8	535.0
SLU-33	213.1	177.1	23247.2	2958.3	497.8
SLU-34	310.4	182.1	23059.2	2814.6	741.0
SLU-35	196.0	-163.1	23246.9	297.9	454.9
SLU-36	293.2	-158.1	23058.9	154.2	698.1
SLU-37	213.5	177.0	22365.3	8959.9	498.7
SLU-38	310.7	182.0	22177.3	8816.2	741.8
SLU-39	196.3	-163.2	22365.0	6299.5	455.7
SLU-40	293.6	-158.2	22177.0	6155.8	698.9
SLV-1	722.2	94.7	15013.8	1206.6	1781.8
SLV-2	762.7	96.8	14935.4	1146.7	1883.1
SLV-3	315.1	291.1	15013.8	2243.7	1209.9
SLV-4	355.7	293.1	14935.4	2183.8	1311.2
SLV-5	312.7	90.9	15257.4	1178.9	758.4
SLV-6	353.3	93.0	15179.1	1119.1	859.7
SLC-1	147.1	118.3	17215.7	2084.4	344.3
SLC-2	195.7	120.8	17121.7	2012.6	465.9

Combinazione di carico	Azione longitudinale	Azione trasversale	Azione verticale	Momento trasversale	Momento longitudinale
	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
SLC-3	135.6	-108.5	17215.5	310.8	315.7
SLC-4	184.3	-106.0	17121.5	239.0	437.3
SLC-5	146.7	118.2	13306.6	-3677.7	343.5
SLC-6	195.4	120.7	13212.6	-3749.6	465.1
SLC-7	135.3	-108.6	13306.4	-5451.3	314.9
SLC-8	183.9	-106.1	13212.4	-5523.2	436.5
SLF-1	143.2	42.7	17215.6	1493.2	334.8
SLF-2	191.9	45.2	17121.6	1421.4	456.4
SLF-3	139.4	-32.9	17215.6	902.0	325.3
SLF-4	188.1	-30.4	17121.5	830.2	446.8
SLF-5	142.9	42.6	13306.5	-4268.9	334.0
SLF-6	191.6	45.1	13212.5	-4340.8	455.6
SLF-7	139.1	-33.0	13306.5	-4860.1	324.4
SLF-8	187.7	-30.5	13212.5	-4932.0	446.0
SLQP-1	136.9	4.6	14909.3	523.8	319.0
SLQP-2	177.5	6.7	14831.0	463.9	420.3

Azioni sui Pali della Pila P05

palo	SFORZO NORMALE N								TAGLIO		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-1	2852	3048	3245	2921	3117	2794	2990	3186	24.0	22.0	32.6
SLU-2	2853	3044	3235	2910	3101	2775	2966	3157	31.3	22.4	38.5
SLU-3	3013	3045	3078	3003	3035	2961	2993	3025	21.9	-20.5	30.0
SLU-4	3014	3041	3068	2992	3018	2942	2969	2996	29.2	-20.1	35.5
SLU-5	2211	2901	3592	2527	3217	2153	2843	3533	24.1	22.0	32.6
SLU-6	2212	2897	3582	2516	3201	2134	2819	3504	31.4	22.4	38.5
SLU-7	2373	2899	3425	2609	3135	2320	2846	3372	21.9	-20.5	30.0
SLU-8	2373	2894	3415	2598	3118	2301	2822	3343	29.2	-20.2	35.5
SLU-9	2771	2950	3129	2801	2980	2653	2832	3010	47.1	22.2	52.1
SLU-10	2772	2946	3119	2790	2964	2634	2808	2982	54.4	22.6	58.9
SLU-11	2933	2947	2962	2884	2898	2820	2834	2849	44.9	-20.3	49.3
SLU-12	2933	2943	2952	2872	2881	2801	2811	2820	52.2	-19.9	55.9
SLU-13	2291	2840	3389	2506	3055	2172	2721	3271	47.1	22.2	52.1
SLU-14	2291	2835	3379	2495	3039	2154	2698	3242	54.4	22.6	58.9
SLU-15	2452	2837	3222	2588	2973	2339	2724	3109	45.0	-20.3	49.3
SLU-16	2453	2833	3212	2577	2956	2321	2700	3080	52.3	-19.9	55.9
SLU-17	2740	2920	3101	2801	2981	2681	2862	3042	24.1	23.0	33.3
SLU-18	2740	2916	3091	2789	2964	2663	2838	3013	31.4	23.4	39.1
SLU-19	2901	2917	2933	2883	2899	2848	2864	2881	21.9	-19.5	29.4
SLU-20	2902	2913	2924	2871	2882	2830	2841	2852	29.2	-19.2	35.0
SLU-21	2259	2810	3361	2505	3056	2200	2751	3302	24.1	23.0	33.3
SLU-22	2260	2805	3351	2494	3039	2182	2728	3273	31.4	23.3	39.1
SLU-23	2420	2807	3194	2587	2974	2367	2754	3141	22.0	-19.5	29.4
SLU-24	2421	2803	3184	2576	2957	2349	2730	3112	29.3	-19.2	35.0
SLU-25	2688	2921	3154	2774	3007	2628	2861	3094	24.7	36.2	43.8

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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 56 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SFORZO NORMALE N									TAGLIO		
palo	1	2	3	4	5	6	7	8	Vx	Vy	V
SLU-26	2689	2916	3144	2763	2990	2610	2837	3065	32.0	36.5	48.6
SLU-27	2957	2916	2875	2911	2870	2906	2865	2824	21.2	-34.7	40.6
SLU-28	2958	2912	2865	2900	2854	2888	2842	2796	28.5	-34.3	44.6
SLU-29	2208	2811	3414	2479	3082	2147	2751	3354	24.8	36.2	43.8
SLU-30	2208	2806	3404	2468	3065	2129	2727	3325	32.1	36.5	48.6
SLU-31	2476	2806	3136	2616	2945	2426	2755	3085	21.2	-34.7	40.7
SLU-32	2477	2801	3126	2604	2929	2407	2732	3056	28.5	-34.3	44.6
SLU-33	2756	2938	3121	2815	2997	2691	2873	3056	26.6	22.1	34.6
SLU-34	2757	2931	3105	2796	2969	2660	2834	3008	38.8	22.8	45.0
SLU-35	2917	2936	2954	2897	2915	2858	2876	2895	24.5	-20.4	31.9
SLU-36	2918	2928	2938	2878	2887	2827	2837	2846	36.7	-19.8	41.6
SLU-37	2275	2828	3381	2519	3072	2210	2763	3316	26.7	22.1	34.7
SLU-38	2276	2821	3365	2500	3044	2179	2724	3268	38.8	22.7	45.0
SLU-39	2437	2825	3214	2601	2990	2377	2766	3155	24.5	-20.4	31.9
SLU-40	2438	2818	3198	2582	2962	2346	2726	3106	36.7	-19.8	41.7
SLV-1	1919	1993	2068	1839	1914	1686	1760	1835	90.3	11.8	91.0
SLV-2	1919	1990	2061	1832	1902	1673	1744	1815	95.3	12.1	96.1
SLV-3	1817	1956	2094	1807	1946	1659	1798	1936	39.4	36.4	53.6
SLV-4	1818	1953	2087	1800	1934	1646	1781	1916	44.5	36.6	57.6
SLV-5	1884	1957	2030	1871	1944	1785	1858	1930	39.1	11.4	40.7
SLV-6	1884	1954	2023	1863	1932	1772	1841	1910	44.2	11.6	45.7
SLR-1	2046	2174	2303	2088	2216	2001	2129	2258	18.4	14.8	23.6
SLR-2	2046	2171	2295	2078	2202	1986	2110	2234	24.5	15.1	28.7
SLR-3	2153	2173	2192	2142	2162	2112	2131	2150	17.0	-13.6	21.7
SLR-4	2154	2169	2184	2133	2148	2097	2112	2126	23.0	-13.2	26.6
SLR-5	1913	1686	1459	1777	1550	1868	1641	1414	18.3	14.8	23.6
SLR-6	1913	1682	1451	1767	1536	1853	1621	1390	24.4	15.1	28.7
SLR-7	2020	1684	1347	1832	1495	1979	1643	1306	16.9	-13.6	21.7
SLR-8	2021	1680	1339	1822	1481	1964	1623	1282	23.0	-13.3	26.5
SLF-1	2082	2174	2266	2106	2198	2038	2130	2222	17.9	5.3	18.7
SLF-2	2082	2170	2258	2096	2184	2023	2110	2198	24.0	5.6	24.6
SLF-3	2118	2173	2229	2124	2180	2075	2131	2186	17.4	-4.1	17.9
SLF-4	2118	2169	2221	2115	2166	2060	2111	2162	23.5	-3.8	23.8
SLF-5	1949	1685	1422	1795	1532	1905	1641	1378	17.9	5.3	18.6
SLF-6	1949	1681	1413	1786	1518	1890	1622	1354	23.9	5.6	24.6
SLF-7	1985	1685	1385	1813	1513	1942	1642	1342	17.4	-4.1	17.9
SLF-8	1985	1681	1376	1804	1499	1927	1622	1318	23.5	-3.8	23.8
SLQP-1	1852	1885	1917	1847	1880	1810	1843	1875	17.1	0.6	17.1
SLQP-2	1853	1881	1910	1840	1868	1798	1826	1855	22.2	0.8	22.2

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

STATICA-SLU				
	Nmax	Nmin	Nmedio	Vmax
P01	3658	2093	3045	59
P02	3555	1860	2913	50

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 57 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

P03	3512	1932	2911	46
P04	3400	1883	2816	49
P05	3592	2129	3019	59
max/min	3658	1860	3045	59

SISMICA-SLV				
	Nmax	Nmin	Nmedio	Vmax
P01	2184	1593	1928	100
P02	2425	1175	1836	99
P03	2276	1315	1829	88
P04	2021	1432	1761	92
P05	2094	1646	1907	96
max/min	2425	1175	1928	100

SLE_Caratteristica			
	Nmax	Nmin	Vmax
P01	2352	1271	29
P02	2314	1147	23
P03	2258	1185	19
P04	2141	1127	22
P05	2303	1282	29
max/min	2352	1127	29

SLE_Frequente			
	Nmax	Nmin	Vmax
P01	2305	1315	25
P02	2235	1224	16
P03	2186	1256	9
P04	2090	1177	16
P05	2266	1318	25
max/min	2305	1177	25

SLE_Quasi Permanente			
	Nmax	Nmin	Vmax
P01	1951	1799	22
P02	1877	1694	13
P03	1830	1732	6
P04	1767	1659	13
P05	1917	1798	22
max/min	1951	1659	22

4 VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE

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

Sezione Fusto

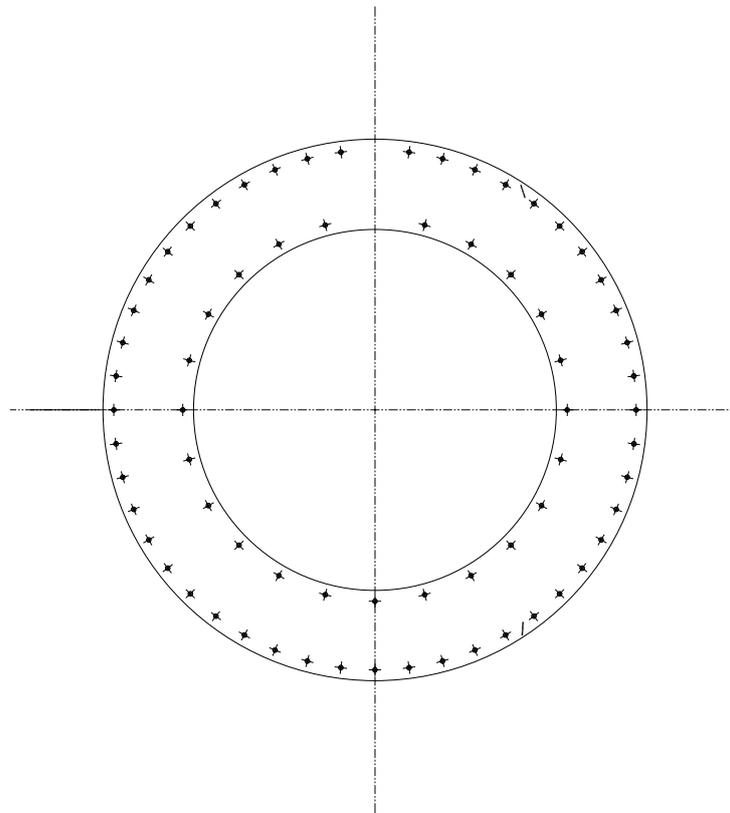


Figura 4.1: Fusto pile carreggiata di destra

4.1 S.L.U. – VERIFICA DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI

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

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

dove

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 59 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

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

α è posto uguale a 1 cautelativamente.

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

Caso di Sollecitazione N_{min}

PILA	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdx} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	FS	check
P01	9965	1077	5069	19646	19646	0.31	ok
P02	9269	1623	9706	19030	19030	0.60	ok
P03	9227	1485	7371	18933	18933	0.47	ok
P04	8683	1051	4980	18498	18498	0.33	ok
P05	9808	905	3790	19510	19510	0.24	ok

Caso di Sollecitazione M_{EdxMax}

PILA	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdx} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	FS	check
P01	16247	11100	1219	24262	24262	0.51	ok
P02	15094	10903	1553	23555	23555	0.53	ok
P03	15099	11185	683	23558	23558	0.50	ok
P04	14321	11015	831	23045	23045	0.51	ok
P05	16055	10742	928	24147	24147	0.48	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	9965	1077	5069	19646	19646	0.31	ok
P02	9269	1623	9706	19030	19030	0.60	ok
P03	9227	1485	7371	18933	18933	0.47	ok
P04	8683	1051	4980	18498	18498	0.33	ok
P05	9808	905	3790	19510	19510	0.24	ok

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

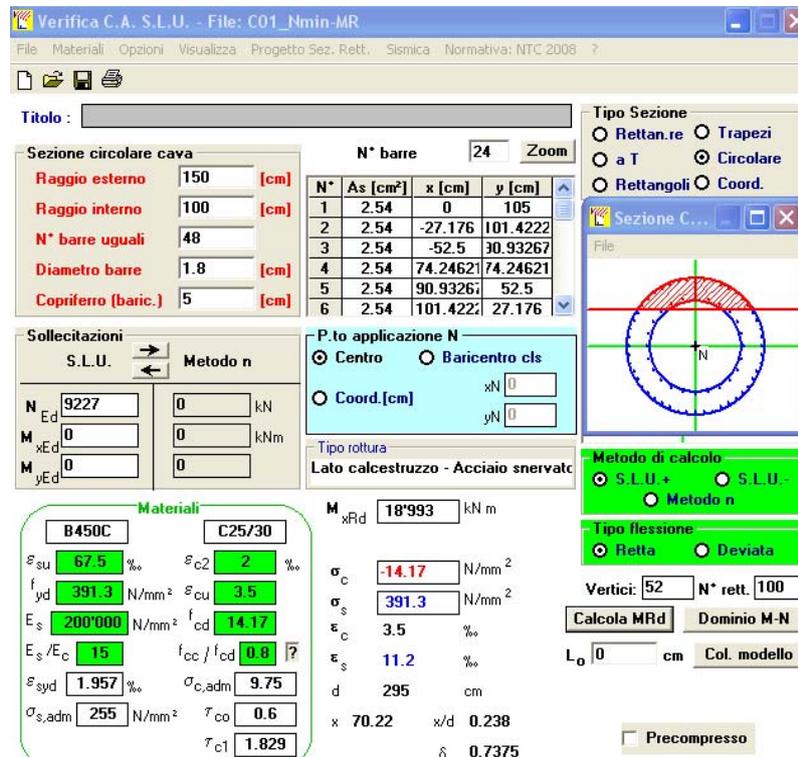


Figura 4.2: Momento resistente M_{Rd} in condizioni di N_{min}

4.2 S.L.U. – VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

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

Caso di Sollecitazione N_{min}

PILA	N_{Ed} [kN]	V_{Edx} [kNm]	V_{Edy} [kNm]
P01	9965	797	95
P02	9269	780	116
P03	9227	696	112
P04	8683	728	100
P05	9808	763	97

Caso di Sollecitazione $F_{x,max}$

PILA	V_{Edx} [kNm]	V_{Edy} [kNm]	N_{Ed} [kN]
P01	797	95	9965
P02	780	116	9269

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 61 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

P03	696	112	9227
P04	728	100	8683
P05	763	97	9808

Caso di Sollecitazione $F_{y,max}$

PILA	V_{Edy} [kNm]	V_{Edx} [kNm]	N_{Ed} [kN]
P01	302	257	15406
P02	367	153	14384
P03	360	65	14388
P04	324	155	13608
P05	293	356	9808

combinazione	taglio longitudinale		taglio trasversale			
	Vx	Vx	Vy	Vy		
	Nmin	Fxmax	Nmin	Fymax		
Sollecitazioni						
V	= 728	797	100	367	kN	taglio
N	= 8683	9965	8683	14384	kN	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria						
D_{est}	= 3000	3000	3000	3000	mm	diametro esterno sezione
D_{int}	= 2000	2000	2000	2000	mm	diametro interno sezione
d	= 2950	2950	2950	2950	mm	altezza utile
d_e	= 2278	2278	2278	2278	mm	altezza utile equivalente
b_{we}	1000	1000	1000	1000		larghezza sezione resistente a taglio
Materiali						
R_{ck}	= 30.0	30.0	30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= 24.9	24.9	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	= 1.5	1.5	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 14.1	14.1	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
γ_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
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio						
A_{sl}	= 18321.0	18321.0	18321.0	18321.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	= 0.00305	0.00305	0.00305	0.00305		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	= 1.3	1.3	1.3	1.3		
v_{min}	= 0.3	0.3	0.3	0.3		
σ_{cp}	= 1.4	1.7	1.4	2.4	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	= 1.4	1.7	1.4	2.4	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
V_{Rd}	= 1191.3	1264.3	1191.3	1516.0	kN	taglio resistente
FS	= 1.6	1.6	11.9	4.1		
check	= OK	OK	OK	OK		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 62 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

4.3 S.L.E. – FESSURAZIONE

Si procede alla verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione σ_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		
Caso di Sollecitazione N_{min}			Caso di Sollecitazione N_{min}		
N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]
7055	5002	761	8574	361	725
Caso di Sollecitazione N_{max}			Caso di Sollecitazione N_{max}		
N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]
12242	1478	910	9936	531	868
Caso di Sollecitazione $M_{x,max}$			Caso di Sollecitazione $M_{x,max}$		
N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]
7055	5002	761	9936	531	868
Caso di Sollecitazione $M_{y,max}$			Caso di Sollecitazione $M_{y,max}$		
11387	1407	1436	9154	316	1346

Tabella 4.1: Tensioni di riferimento

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 63 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

280		150	50
320		100	-
360		50	-

Frequente

	comb_N _{min}	comb_M _{X,max}	comb_M _{Y,max}	
$\sigma_{s,max}$	= 231	231	231	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= 9.03	9.03	-	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	= 25.58	25.58	tutta compressa	se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok	

Quasi Permanente

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

Si riporta, a titolo esemplificativo, l'output di VCA SLU nel caso della combinazione frequente N_{min}:

Figura 4.3: Tensioni allo SLE combinazione frequente per N_{min}

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 64 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.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		
Caso di Sollecitazione N_{min}			Caso di Sollecitazione N_{min}		
N_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]
7055	5607	748	8574	361	725
Caso di Sollecitazione N_{max}			Caso di Sollecitazione N_{max}		
N_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]
12242	2021	934	9936	531	868
Caso di Sollecitazione $M_{x,max}$			Caso di Sollecitazione $M_{x,max}$		
N_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Edy} [kNm]
7561	5792	455	9936	531	868
Caso di Sollecitazione $M_{y,max}$			Caso di Sollecitazione $M_{y,max}$		
11387	2442	1460	9154	316	1346

Materiali

Rck	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	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

σ_c	=	14.9	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	3.9	4.8	4.0	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.83	3.12	3.77		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

σ_c	=	11.2	11.2	11.2	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	2.8	2.8	2.8	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.98	3.98	4.02		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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 65 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

	comb_Nmin	comb_M_{x,max}	comb_M_{y,max}	
	RARA	RARA	RARA	
Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio				
σ_s =	360.0	360.0	360.0	[MPa] massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$ =	17.4	14.6	-	[MPa] tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio
	20.69	24.64	tutta compressa	se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok	verifica_ok	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 66 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

5 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

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

Nelle sezioni successive si illustra brevemente il metodo di verifica utilizzato nonché il dettaglio dei calcoli di verifica eseguiti.

5.1 METODO DELLA CURVATURA NOMINALE

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

5.1.1 Valutazione della snellezza

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

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

dove:

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

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

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

φ_{ef} è il coefficiente efficace di viscosità; vedere punto 5.8.4;

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

A_s è l'area totale dell'armatura longitudinale;

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

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

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

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

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

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

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

$$\lambda = l_0 / i$$

dove:

l_0 è la lunghezza libera d'inflessione

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 67 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

5.1.2 Viscosità

L'effetto della viscosità deve essere tenuto in conto nell'analisi al secondo ordine, con particolare riferimento sia alle condizioni generali di viscosità, sia alla durata dei diversi carichi nelle combinazioni di carico considerate. La durata di applicazione dei carichi può essere presa in considerazione in modo semplificato adottando un coefficiente efficace di viscosità φ_{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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 68 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.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 π^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_ϕ 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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 69 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.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:

φ_{ef} è il coefficiente efficace di viscosità, vedere punto 5.8.4;

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

l è la snellezza, vedere punto 5.8.3.1.

5.1.5 Flessione deviata

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

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

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

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

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

dove:

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

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

λ_y, λ_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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 70 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 71 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

programma di calcolo VCASLU (come già illustrato per le verifiche di resistenza a presso-flessione deviata nei paragrafi precedenti).

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

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

PILA P01

	Nmax	Mx,max	My,max		
R_{ck}	= 30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= 24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	= 32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	= 31447	31447	31447	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	= 450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
γ_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
ε_{yd}	= 0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria elemento					
d_x	= 2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
d_y	= 2.95	2.95	2.95	m	altezza utile trasversale
A_c	= 3.93	3.93	3.93	m ²	area sezione trasversale
L	= 6.00	6.00	6.00	m	altezza elemento
J_x	= 3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J_y	= 3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i_x	= 0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia longitudinale
i_y	= 0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia trasversale
n	= 72.00	72.00	72.00		numero barre
\varnothing	= 18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
A_s	= 18322	27370	27370	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	= 0.13	0.19	0.19		rapporto meccanico di armatura
α_x	= 2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
α_y	= 2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
L_{0x}	= 12.00	12.00	12.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	= 12.00	12.00	12.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	= 13.32	13.32	13.32		snellezza longitudinale
λ_y	= 13.32	13.32	13.32		snellezza trasversale
λ	= 13.32	13.32	13.32		snellezza massima
Sollecitazioni					
NEd	= 17439	16247	9965	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= 3085	11100	1077	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	= 3084.9	11100.0	1077.1	kNm	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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 72 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

M1,y	=	0.0	0.0	0.0	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine
M2,y	=	1216	1219	5069	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine

Valutazione della snellezza limite

A	=	0.70	0.70	0.70		
B	=	1.12	1.18	1.18		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	=	0.70	0.70	0.70		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
n	=	0.3145	0.2930	0.1797		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	19.61	21.32	27.22		snellezza limite
FS	=	1.47	1.60	2.04		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	ok	ok	ok		

PILA P02

		Nmax	Mx,max	My,max		
R _{ck}	=	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
E _{cm}	=	31447	31447	31447	MPa	modulo elastico istantaneo
f _{yk}	=	450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
γ_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
ϵ_{yd}	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria elemento						
d _x	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
d _y	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile trasversale
A _c	=	3.93	3.93	3.93	m ²	area sezione trasversale
L	=	12.50	12.50	12.50	m	altezza elemento
J _x	=	3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J _y	=	3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i _x	=	0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia longitudinale
i _y	=	0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia trasversale
n	=	72.00	72.00	72.00		numero barre
Ø	=	18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
A _s	=	18322	27370	27370	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	0.13	0.19	0.19		rapporto meccanico di armatura
α_x	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
α_y	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
L _{0x}	=	25.00	25.00	25.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L _{0y}	=	25.00	25.00	25.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	=	27.75	27.75	27.75		snellezza longitudinale
λ_y	=	27.75	27.75	27.75		snellezza 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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I		
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX		
	Pagina 73 di 121		
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc		

λ	=	27.75	27.75	27.75		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite						
A	=	0.70	0.70	0.70		
B	=	1.12	1.22	1.22		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	=	0.2954	0.2722	0.1672		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	20.23	22.87	29.19		snellezza limite
FS	=	0.73	0.82	1.05		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	no	no	ok		
ϑ_0	=	0.005	0.005	0.005		
α_h	=	0.67	0.67	0.67		
α_m	=	1.00	1.00	1.00		
ϑ_i	=	0.00333	0.00333	0.00333		
e_{ix}	=	0.04	0.04	0.04	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e_{iy}	=	0.04	0.04	0.04	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
Sollecitazioni						
N_{Ed}	=	16380	15094	9269	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	3819	10903	1623		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	3819.2	10902.9	1623.4		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	1550	1553	9706		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	4502	11532	2010		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	4502	11532	2010		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	682.48	628.94	386.23		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	2231.98	2181.54	10091.85		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	4501.6	11531.8	2009.6	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	1612.2	1560.5	6209.6	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling						
n_u	=	1.1293	1.2414	1.2414		
n_{bal}	=	0.40	0.40	0.40		
K_r	=	1.143	1.152	1.277		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
β_x	=	0.290	0.290	0.290		
$K_{\varphi x}$	=	1.4289028	1.4289028	1.4289028		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0.0014	0.0014	0.0014		
$(1/r)_x$	=	0.0023	0.0024	0.0026		curvatura longitudinale
e_{2x}	=	0.148	0.149	0.165	m	inflessione longitudinale
M_{2y}	=	2425.0	2251.2	1532.3	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
M_{Edy}	=	4037.2	3811.7	7741.9	kNm	momento di progetto longitudinale
Buckling 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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 74 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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
β_y	=	0.290	0.290	0.290		
$K_{\varphi y}$	=	1.429	1.429	1.429		
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.003		curvatura trasversale
e_{2y}	=	0.148	0.149	0.165	m	inflessione trasversale
M_{2x}	=	2425.0	2251.2	1532.3	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
M_{Edx}	=	6926.7	13783.1	3541.9	kNm	momento di progetto trasversale
Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.00	1.00	1.00		rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	3.12	3.12	3.12	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.12	3.12	3.12	m	dimensione trasversale equivalente
e_x	=	0.06	0.06	0.63	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
e_y	=	0.23	0.72	0.18	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
e_{x0}	=	0.098	0.103	0.670	m	eccentricità longitudinale
e_{y0}	=	0.27	0.76	0.22	m	eccentricità trasversale
e/b	=	0.36	0.14	3.09		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
$(e/b)_x$	=	0.42	0.14	3.83		
$(e/b)_y$	=	0.21	0.08	2.90		
Buckling flessione deviata - verifica semplificata						
α	=	1.0	1.0	1.0		
N_{Rd}	=	62622	-	68840	kN	forza nominale resistente
a	=	1.50	-	1.50		esponente del dominio
N_{Ed}	=	16379.52	-	9269	kN	sforzo normale di calcolo
M_{Rdx}	=	24340	-	19030	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
M_{Rdy}	=	24340	-	19030	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	0.219	-	0.340		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	deviata
$N_{max} - M_{Edx}$	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Rdx} [kNm]		
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata
M_{EdxMax}	N_{Ed} [kN]	$M_{Edx,max}$	M_{Rdx} [kNm]		
	15094	13783	23555	ok	1.71
M_{EdyMax}	N_{Ed} [kN]	$M_{Edy,max}$	M_{Rdy} [kNm]		
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata

PILA P03

	Nmax	Mx,max	My,max		
R_{ck}	=	30	30	30	MPa resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	MPa resistenza caratteristica cilindrica

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I		
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX		
	Pagina 75 di 121		
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc		

γ_c	=	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	=	31447	31447	31447	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	=	450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
γ_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
ε_{yd}	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria elemento						
d_x	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
d_y	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile trasversale
A_c	=	3.93	3.93	3.93	m ²	area sezione trasversale
L	=	10.50	10.50	10.50	m	altezza elemento
J_x	=	3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J_y	=	3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i_x	=	0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia longitudinale
i_y	=	0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia trasversale
n	=	72.00	72.00	72.00		numero barre
\varnothing	=	18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
A_s	=	18322	27370	27370	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	0.13	0.19	0.19		rapporto meccanico di armatura
α_x	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
α_y	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
L_{0x}	=	21.00	21.00	21.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	=	21.00	21.00	21.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	=	23.31	23.31	23.31		snellezza longitudinale
λ_y	=	23.31	23.31	23.31		snellezza trasversale
λ	=	23.31	23.31	23.31		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite						
A	=	0.70	0.70	0.70		
B	=	1.12	1.18	1.18		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	=	0.70	0.70	0.70		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
n	=	0.2951	0.2723	0.1664		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	20.24	22.11	28.29		snellezza limite
FS	=	0.87	0.95	1.21		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	no	no	ok		
ϑ_0	=	0.005	0.005	0.005		
α_h	=	0.67	0.67	0.67		
α_m	=	1.00	1.00	1.00		
ϑ_i	=	0.00333	0.00333	0.00333		
e_{ix}	=	0.04	0.04	0.04	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e_{iy}	=	0.04	0.04	0.04	m	eccentricità aggiuntiva trasversale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 76 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

Sollecitazioni

N_{Ed}	=	16366	15099	9227	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	3697	11185	1485		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	≡	3697.0	11185.3	1485.4		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	683	683	7371		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	4270	11714	1808		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	4270	11714	1808		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	572.82	528.48	322.93		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	1255.82	1211.95	7694.30		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	4269.8	11713.7	1808.3	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	982.6	938.6	4745.8	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling						
n_u	=	1.1293	1.1931	1.1931		
n_{bal}	=	0.40	0.40	0.40		
K_r	=	1.144	1.161	1.295		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
β_x	=	0.319	0.319	0.319		
$K_{\varphi x}$	=	1.47275243	1.47275243	1.47275243		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0.0014	0.0014	0.0014		
$(1/r)_x$	=	0.0024	0.0024	0.0027		curvatura longitudinale
e_{2x}	=	0.108	0.109	0.122	m	inflessione longitudinale
M_{2y}	=	1762.7	1650.7	1124.7	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
M_{Edy}	=	2745.3	2589.3	5870.5	kNm	momento di progetto longitudinale
Buckling trasversale						
M_{SLE}/M_{SLU}	=	0.74	0.74	0.74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.4815	1.4815	1.4815		coefficiente di viscosità efficace
β_y	=	0.319	0.319	0.319		
$K_{\varphi y}$	=	1.473	1.473	1.473		
$(1/r_0)_y$	=	0.001	0.001	0.001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.002	0.002	0.003		curvatura trasversale
e_{2y}	=	0.108	0.109	0.122	m	inflessione trasversale
M_{2x}	=	1762.7	1650.7	1124.7	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
M_{Edx}	=	6032.5	13364.5	2933.0	kNm	momento di progetto trasversale
Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.00	1.00	1.00		rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	3.12	3.12	3.12	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3.12	3.12	3.12	m	dimensione trasversale equivalente
e_x	=	0.03	0.03	0.48	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 77 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

e_y	=	0.23	0.74	0.16	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
e_{x0}	=	0.060	0.062	0.514	m	eccentricità longitudinale
e_{y0}	=	0.26	0.78	0.20	m	eccentricità trasversale
e/b	=	0.23	0.08	2.62		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0.27	0.08	3.19		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0.10	0.04	2.45		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali

Buckling flessione deviata - verifica semplificata

α	=	1.0	1.0	1.0		
N_{Rd}	=	62622	-	66162	kN	forza nominale resistente
a	=	1.50	-	1.50		esponente del dominio
N_{Ed}	=	16366.41	-	9227	kN	sforzo normale di calcolo
M_{Rdx}	=	24332		18993	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
M_{Rdy}	=	24332		18993	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	0.161	-	0.233		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	deviata
$N_{max} - M_{Edx}$	N_{Ed} [kN]	M_{Edx} [kNm]	M_{Rdx} [kNm]		
	deviata	deviata	24281	deviata	deviata
M_{EdxMax}	N_{Ed} [kN]	$M_{Edx,max}$	M_{Rdx} [kNm]		
	15099	13364		NO	0.00
M_{EdyMax}	N_{Ed} [kN]	$M_{Edy,max}$	M_{Rdy} [kNm]		
	deviata	deviata	deviata	deviata	deviata

PILA P04

	N_{max}	$M_{x,max}$	$M_{y,max}$		
R_{ck}	=	30	30	30	MPa resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	MPa resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	0.85	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	14.11	14.11	14.11	MPa resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	MPa resistenza cilindrica media
E_{cm}	=	31447	31447	31447	MPa modulo elastico istantaneo
f_{yk}	=	450.00	450.00	450.00	MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
γ_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
ε_{yd}	=	0.00190	0.00190	0.00190	deformazione allo snervamento di calcolo

Geometria elemento

d_x	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
d_y	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile trasversale
A_c	=	3.93	3.93	3.93	m ²	area sezione 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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 78 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

L	=	6.50	6.50	6.50	m	altezza elemento
J _x	=	3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J _y	=	3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i _x	=	0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia longitudinale
i _y	=	0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia trasversale
n	=	72.00	72.00	72.00		numero barre
Ø	=	18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
A _s	=	18322	27370	27370	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	0.13	0.19	0.19		rapporto meccanico di armatura
α _x	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
α _y	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
L _{0x}	=	13.00	13.00	13.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L _{0y}	=	13.00	13.00	13.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ _x	=	14.43	14.43	14.43		snellezza longitudinale
λ _y	=	14.43	14.43	14.43		snellezza trasversale
λ	=	14.43	14.43	14.43		snellezza massima

Sollecitazioni

NEd	=	15602	14321	8683	kN	sforzo normale di calcolo
M1,x	=	2390	11015	1051	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
M2,x	=	2390.4	11015.2	1051.4	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
M1,y	=	0.0	0.0	0.0	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine
M2,y	=	829	831	4980	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine

Valutazione della snellezza limite

A	=	0.70	0.70	0.70		
B	=	1.12	1.18	1.18		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	=	0.70	0.70	0.70		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
n	=	0.2814	0.2583	0.1566		forza assiale adimensionale
λ _{lim}	=	20.73	22.70	29.16		snellezza limite
FS	=	1.44	1.57	2.02		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	ok	ok	ok		

PILA P05

		Nmax	Mx,max	My,max		
R _{ck}	=	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
E _{cm}	=	31447	31447	31447	MPa	modulo elastico istantaneo
f _{yk}	=	450.00	450.00	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
γ _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
ε _{yd}	=	0.00190	0.00190	0.00190		deformazione allo snervamento di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 79 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

Geometria elemento

d_x	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile longitudinale
d_y	=	2.95	2.95	2.95	m	altezza utile trasversale
A_c	=	3.93	3.93	3.93	m ²	area sezione trasversale
L	=	4.50	4.50	4.50	m	altezza elemento
J_x	=	3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J_y	=	3.19	3.19	3.19	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i_x	=	0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia longitudinale
i_y	=	0.90	0.90	0.90	m ⁴	raggio d'inerzia trasversale
n	=	72.00	72.00	72.00		numero barre
\varnothing	=	18.00	22.00	22.00	mm	diametro barre
A_s	=	18322	27370	27370	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	0.13	0.19	0.19		rapporto meccanico di armatura
α_x	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo longitudinale
α_y	=	2.00	2.00	2.00		coefficiente di vincolo trasversale
L_{0x}	=	9.00	9.00	9.00	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	=	9.00	9.00	9.00	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	=	9.99	9.99	9.99		snellezza longitudinale
λ_y	=	9.99	9.99	9.99		snellezza trasversale
λ	=	9.99	9.99	9.99		snellezza massima

Sollecitazioni

N_{Ed}	=	17231	16055	9808	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	2740	10742	905	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	2739.8	10742.2	904.8	kNm	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	926	928	3790	kNm	momento flettente longitudinale del primo ordine

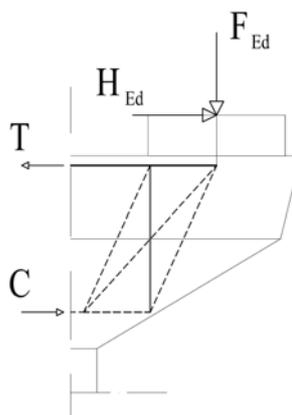
Valutazione della snellezza limite

A	=	0.70	0.70	0.70		
B	=	1.12	1.18	1.18		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	=	0.70	0.70	0.70		coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
n	=	0.3107	0.2895	0.1769		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	19.72	21.44	27.44		snellezza limite
FS	=	1.97	2.15	2.75		se >1 nn è necessario fare la verifica di stabilità
check	=	ok	ok	ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 80 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

6 VERIFICA DEL PULVINO

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



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

RIEPILOGO Pulvini più sollecitati

	Fz	V	Appoggio	Pila
Fz,max	8808.7	115.2	LN_P1_SX	P01-sx
V,max	4198.9	361.7	LN_P5_DX	P05-dx

LN_P1_SX = appoggio sinistro pila P01 carreggiata destra

LN_P5_DX = appoggio destro pila P05 carreggiata destra

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

Bridge Cap - Strut & Tie Model

Materiali

R_{ck}	=	30	30	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ck}	=	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{cd}	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
β_1	=	1.18	1.18		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
β_2	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
β_3	=	0.88	0.88		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	17.64	17.64	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi resistenza a compressione per nodi
$\sigma_{2Rd,max}$	=	14.95	14.95	MPa	compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione resistenza a compressione per nodi
$\sigma_{3Rd,max}$	=	13.15	13.15	MPa	compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione
		Fz,max	V,max		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 81 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

Mensola

		LN_P1_SX P01-sx	LN_P5_DX P05-dx		
F_{Ed}	=	8809	4198.9	kN	azione verticale di calcolo appoggio 1
H_{Ed}	=	115	361.7	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio 1

Geometria

a_c	=	2000	2000	mm	distanza asse appoggio 1 estradosso pila
B	=	3200	3200	mm	larghezza pulvino
h_c	=	1500	1500	mm	altezza pulvino
c	=	200	200	mm	copriferro (armatura su 3 strati distanti 150 mm)
s	=	0	0	mm	altezza dente estradosso pulvino
b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggio 1
b_2	=	1100	1100	mm	lunghezza baggio 1
b_3	=	490	490	mm	altezza baggio 1
		Hbe	Hbe		id baggioli
d	=	1300	1300	mm	altezza utile
z	=	1040	1040	mm	braccio della coppia interna
x_1	=	156.1	74.4	mm	larghezza collaborante pila
y_1	=	208.0	208.0	mm	altezza biella compressa
a	=	2078.0	2037.2	mm	distanza tra F_{Ed} e asse 1 larghezza pila collaborante
a_H	=	690	690	mm	distanza tra H_{Ed} e armatura
C	=	17677	8465	kN	risultante di compressione
T	=	17792	8827	kN	risultante di trazione

Verifiche Puntone-Tirante

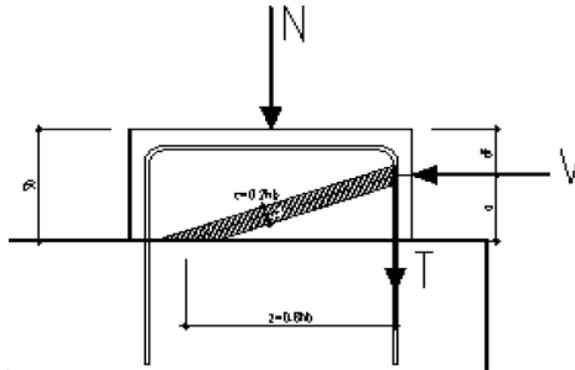
σ_c	=	13.28	6.36	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	1.33	2.77		check (if >1 verified)
n	=	90	90		numero ferri superiore
\emptyset	=	26	26	mm	diametro armatura superiore
A_s	=	47783.6	47783.6	mm ²	area armatura superiore
σ_s	=	372	185	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	1.05	2.12		check (if >1 verified)

Armatura a Taglio

		verticali	verticali		disposizione staffe
F_{wd}	=	8797.6	4083.7	kN	risultante forza di taglio
n_w	=	8	8		numero staffe
s_w	=	100	100	mm	passo staffe
\emptyset_w	=	14	14	mm	diametro staffe
k_2	=	0.50	0.50		coefficiente per l'armatura a taglio minima
$A_{s,lnk}$	=	11255.7	5365.4	mm ²	armatura minima a taglio
A_{sw}	=	25591.1	25088.2	mm ²	armatura di progetto
σ_s	=	344	163	MPa	tensione di trazione staffe
FS	=	1.14	2.40		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

b₀ = larghezza dell'appoggio

Bridge Cap - Strut & Tie Model

Materiali

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 83 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

		Fz,max	V,max		
Mensola		LN_P1_SX	LN_P5_DX		
		P01-sx	P05-dx		
F_{Ed}	=	8809	4199	kN	azione verticale di calcolo appoggio 1
H_{Ed}	=	115	362	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	=	490	490	mm	altezza baggiolo
c	=	30	30	mm	copriferro
d	=	1070	1070	mm	altezza utile
z	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
x_1	=	5.9	18.6	mm	larghezza collaborante
y_1	=	171.2	171.2	mm	altezza biella compressa
a	=	493.0	499.3		
α	=	0.52	0.53	rad	
C	=	132.91	418.76	kN	risultante di compressione
T	=	66.33	211.00	kN	risultante di trazione

Verifiche Puntone-Tirante

σ_c	=	0.35	1.11	MPa	risultante di compressione
FS	=	49.98	15.86		risultante di trazione
n	=	6	6		numero ferri superiore
\varnothing	=	14	14	mm	diametro armatura superiore
A_s	=	923.6	923.6	mm ²	area armatura superiore
σ_s	=	72	228	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	5.45	1.71		check (if >1 verified)

Verifiche armatura a fenditura

b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
b_3	=	490	490	mm	altezza baggiolo
b_0	=	950	950	mm	larghezza appoggio
T	=	364	174	kN	
A_s	=	930	443	mmq	armatura necessaria
p	=	100	100	mm	passo
n_{str}	=	5	5		numero strati
n_{br}	=	8	8		numero bracci x strato
\varnothing_w	=	14	14	mm	diametro staffe
A_{sw}	=	6034.4	6034.4	mm ²	armatura di progetto
		6.49	13.61		check (se >1 verificato)
		ok	ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 84 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

7 DISPOSITIVI ANTISISMICI

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

Dispositivo: SI- N 900/168

V	=	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	=	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	=	2814	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D _g	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	=	1049	kg	peso dell'isolatore

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

Tabella 7.1: Matrice dei coefficienti di combinazione agli SLC

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

Tabella 7.2: Matrice dei coefficienti di combinazione agli SLU

	Comb_SLU					
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6
01) g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
02) g2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
03) e2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
04) e3.1	0.72	0	1.2	0	0.72	0

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 85 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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:

LN_Pi_DX è l'isolatore destro della P0i-esima pila;

LN_Pi_SX_sxi è l'isolatore sinistro della P0i-esima pila;

Uh è la composizione vettoriale degli spostamenti Ux e Uy;

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

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

LN_P1_DX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	4240.5	452.9	62.9	149.5	20.8	150.9
SLC2	4220.9	460.3	63.3	151.9	20.9	153.3
SLC3	4253.7	177.5	199.3	58.6	65.8	88.1
SLC4	4234.0	184.9	199.6	61.0	65.9	89.8
SLC5	4406.8	176.8	61.9	58.4	20.4	61.8
SLC6	4387.2	184.2	62.3	60.8	20.6	64.2
SLU1	7315.2	81.7	132.4	27.0	43.7	51.4
SLU2	7286.9	92.4	133.0	30.5	43.9	53.4
SLU3	7339.2	102.4	82.2	33.8	27.1	43.3
SLU4	7292.1	120.1	83.1	39.7	27.4	48.2
SLU5	7870.1	79.4	81.0	26.2	26.7	37.4
SLU6	7841.8	90.1	81.5	29.7	26.9	40.1
LN_P1_SX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	4391.9	451.6	63.0	149.0	20.8	150.5
SLC2	4364.6	458.9	63.3	151.5	20.9	152.9
SLC3	4406.2	177.0	199.3	58.4	65.8	88.0
SLC4	4378.8	184.3	199.6	60.8	65.9	89.7
SLC5	4559.7	176.2	61.9	58.1	20.4	61.6
SLC6	4532.4	183.5	62.3	60.6	20.6	64.0
SLU1	8065.4	83.9	133.5	27.7	44.0	52.0
SLU2	8026.0	94.4	134.0	31.2	44.2	54.1
SLU3	8103.7	103.4	83.2	34.1	27.4	43.8
SLU4	8038.1	120.9	84.1	39.9	27.8	48.6
SLU5	8808.7	80.5	82.3	26.6	27.2	38.0
SLU6	8769.3	91.1	82.9	30.1	27.4	40.6
LN_P2_DX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	3666.9	409.8	64.2	135.3	21.2	136.9
SLC2	3658.0	413.4	64.6	136.4	21.3	138.1

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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 86 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLC3	3682.9	143.4	204.8	47.3	67.6	82.5
SLC4	3674.0	147.0	205.1	48.5	67.7	83.3
SLC5	3839.2	142.8	63.9	47.1	21.1	51.6
SLC6	3830.3	146.4	64.3	48.3	21.2	52.8
SLU1	6457.6	39.4	139.5	13.0	46.0	47.8
SLU2	6444.7	44.6	140.0	14.7	46.2	48.5
SLU3	6473.9	49.5	87.4	16.3	28.8	33.1
SLU4	6452.5	58.1	88.3	19.2	29.1	34.9
SLU5	7002.9	38.4	86.6	12.7	28.6	31.3
SLU6	6990.1	43.5	87.1	14.4	28.7	32.1

LN_P2_SX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

SLC1	3596.4	408.8	64.2	134.9	21.2	136.6
SLC2	3593.4	412.3	64.6	136.1	21.3	137.7
SLC3	3612.4	143.0	204.8	47.2	67.6	82.4
SLC4	3609.4	146.5	205.1	48.4	67.7	83.2
SLC5	3770.0	142.4	63.9	47.0	21.1	51.5
SLC6	3767.0	145.9	64.3	48.2	21.2	52.6
SLU1	6892.5	40.6	145.5	13.4	48.0	49.8
SLU2	6888.1	45.7	146.0	15.1	48.2	50.5
SLU3	6896.3	50.0	93.3	16.5	30.8	34.9
SLU4	6889.1	58.5	94.2	19.3	31.1	36.6
SLU5	7612.0	39.0	94.5	12.9	31.2	33.7
SLU6	7607.7	44.1	95.1	14.6	31.4	34.6

LN_P3_DX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

SLC1	3658.8	387.5	66.2	127.9	21.9	129.7
SLC2	3658.3	387.5	66.6	127.9	22.0	129.8
SLC3	3672.2	117.2	211.1	38.7	69.7	79.7
SLC4	3671.7	117.2	211.5	38.7	69.8	79.8
SLC5	3831.6	116.4	65.8	38.4	21.7	44.1
SLC6	3831.0	116.4	66.2	38.4	21.9	44.2
SLU1	6501.3	0.3	144.7	0.1	47.8	47.8
SLU2	6500.5	0.3	145.3	0.1	47.9	47.9
SLU3	6495.9	0.3	90.7	0.1	29.9	29.9
SLU4	6494.7	0.4	91.6	0.1	30.2	30.2
SLU5	7050.0	0.3	90.0	0.1	29.7	29.7
SLU6	7049.3	0.3	90.5	0.1	29.9	29.9

LN_P3_SX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

SLC1	3767.1	386.7	66.2	127.6	21.9	129.5
SLC2	3761.2	386.7	66.6	127.6	22.0	129.5
SLC3	3780.7	116.9	211.1	38.6	69.7	79.7
SLC4	3774.7	116.9	211.5	38.6	69.8	79.8
SLC5	3940.7	116.2	65.8	38.3	21.7	44.1
SLC6	3934.8	116.2	66.2	38.4	21.9	44.1
SLU1	7174.5	0.4	148.1	0.1	48.9	48.9
SLU2	7165.9	0.4	148.6	0.1	49.1	49.1
SLU3	7179.7	0.4	94.0	0.1	31.0	31.0
SLU4	7165.3	0.4	95.0	0.1	31.4	31.4
SLU5	7904.2	0.3	94.5	0.1	31.2	31.2
SLU6	7895.6	0.4	95.0	0.1	31.4	31.4

LN_P4_DX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

SLC1	3669.3	423.1	66.3	139.6	21.9	141.3
------	--------	-------	------	-------	------	-------

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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 87 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLC2	3660.0	426.7	66.7	140.8	22.0	142.5
SLC3	3679.9	148.2	210.1	48.9	69.3	84.9
SLC4	3670.6	151.9	210.5	50.1	69.5	85.7
SLC5	3837.2	147.3	65.3	48.6	21.6	53.2
SLC6	3827.9	150.9	65.7	49.8	21.7	54.3
SLU1	6516.2	40.2	142.2	13.3	46.9	48.8
SLU2	6502.9	45.5	142.8	15.0	47.1	49.4
SLU3	6521.7	50.6	88.5	16.7	29.2	33.6
SLU4	6499.4	59.3	89.5	19.6	29.5	35.4
SLU5	7058.6	39.2	87.5	12.9	28.9	31.7
SLU6	7045.2	44.4	88.1	14.7	29.1	32.6

LN_P4_SX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	3596.0	422.0	66.3	139.3	21.9	141.0
SLC2	3593.3	425.7	66.7	140.5	22.0	142.2
SLC3	3606.7	148.0	210.1	48.8	69.3	84.8
SLC4	3604.0	151.6	210.5	50.0	69.5	85.6
SLC5	3765.4	146.8	65.3	48.5	21.6	53.0
SLC6	3762.7	150.5	65.7	49.7	21.7	54.2
SLU1	6988.6	41.5	143.1	13.7	47.2	49.2
SLU2	6984.7	46.7	143.7	15.4	47.4	49.9
SLU3	6981.5	51.2	89.5	16.9	29.5	34.0
SLU4	6975.1	59.9	90.5	19.8	29.9	35.8
SLU5	7719.6	39.9	88.9	13.2	29.3	32.1
SLU6	7715.8	45.1	89.4	14.9	29.5	33.1

LN_P5_DX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	4238.3	453.7	64.4	149.7	21.3	151.2
SLC2	4218.5	461.1	64.8	152.2	21.4	153.7
SLC3	4240.8	178.5	198.5	58.9	65.5	88.1
SLC4	4221.0	185.8	198.9	61.3	65.6	89.8
SLC5	4401.8	177.0	61.9	58.4	20.4	61.9
SLC6	4382.0	184.4	62.2	60.9	20.5	64.2
SLU1	7303.4	81.5	132.3	26.9	43.6	51.3
SLU2	7274.9	92.1	132.8	30.4	43.8	53.3
SLU3	7332.1	102.2	82.1	33.7	27.1	43.3
SLU4	7284.5	119.8	83.0	39.5	27.4	48.1
SLU5	7862.5	79.2	81.0	26.1	26.7	37.4
SLU6	7833.9	89.8	81.5	29.6	26.9	40.0

LN_P5_SX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	4383.9	452.4	64.4	149.3	21.3	150.8
SLC2	4356.6	459.7	64.8	151.7	21.4	153.2
SLC3	4386.3	178.2	198.5	58.8	65.5	88.1
SLC4	4359.1	185.6	198.9	61.2	65.6	89.8
SLC5	4549.6	176.4	61.9	58.2	20.4	61.7
SLC6	4522.4	183.7	62.2	60.6	20.5	64.0
SLU1	8051.0	83.7	133.0	27.6	43.9	51.9
SLU2	8011.8	94.2	133.6	31.1	44.1	53.9
SLU3	8094.0	103.1	82.9	34.0	27.3	43.7
SLU4	8028.7	120.7	83.8	39.8	27.7	48.5
SLU5	8800.6	80.4	82.0	26.5	27.1	37.9
SLU6	8761.4	90.9	82.5	30.0	27.2	40.5

LN_SpA_DX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 88 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

SLC1	1660.7	484.2	58.5	159.8	19.3	161.0
SLC2	1641.4	495.2	58.8	163.4	19.4	164.6
SLC3	1665.4	207.3	182.4	68.4	60.2	91.1
SLC4	1646.1	218.3	182.8	72.0	60.3	94.0
SLC5	1698.8	206.4	56.5	68.1	18.6	70.6
SLC6	1679.5	217.5	56.8	71.8	18.7	74.2
SLU1	3215.9	121.6	119.7	40.1	39.5	56.3
SLU2	3188.1	137.5	120.2	45.4	39.7	60.3
SLU3	3244.8	152.7	74.1	50.4	24.5	56.0
SLU4	3198.5	179.2	74.9	59.1	24.7	64.1
SLU5	3548.3	118.3	73.3	39.1	24.2	45.9
SLU6	3520.5	134.2	73.8	44.3	24.4	50.5

LN_SpA_SX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	1616.1	482.7	58.5	159.3	19.3	160.5
SLC2	1597.6	493.6	58.8	162.9	19.4	164.1
SLC3	1621.0	206.8	182.4	68.2	60.2	91.0
SLC4	1602.5	217.7	182.8	71.8	60.3	93.8
SLC5	1653.8	205.6	56.5	67.9	18.6	70.4
SLC6	1635.3	216.6	56.8	71.5	18.7	73.9
SLU1	3666.2	124.1	120.5	41.0	39.8	57.1
SLU2	3639.5	139.9	121.0	46.2	39.9	61.0
SLU3	3693.8	153.7	74.9	50.7	24.7	56.4
SLU4	3649.4	180.0	75.7	59.4	25.0	64.5
SLU5	4169.9	119.6	74.5	39.5	24.6	46.5
SLU6	4143.2	135.4	74.9	44.7	24.7	51.1

LN_SpB_DX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	1660.5	483.6	60.5	159.6	20.0	160.9
SLC2	1641.2	494.6	60.9	163.2	20.1	164.5
SLC3	1662.4	208.1	180.8	68.7	59.7	91.0
SLC4	1643.2	219.0	181.1	72.3	59.8	93.8
SLC5	1698.1	206.1	56.3	68.0	18.6	70.5
SLC6	1678.9	217.1	56.7	71.7	18.7	74.1
SLU1	3210.6	121.3	118.7	40.0	39.2	56.0
SLU2	3182.9	137.1	119.1	45.2	39.3	59.9
SLU3	3240.9	152.2	73.5	50.2	24.3	55.8
SLU4	3194.7	178.6	74.3	58.9	24.5	63.8
SLU5	3543.7	117.9	72.7	38.9	24.0	45.7
SLU6	3516.0	133.8	73.1	44.1	24.1	50.3

LN_SpB_SX	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
SLC1	1616.4	482.0	60.5	159.1	20.0	160.3
SLC2	1597.9	492.9	60.8	162.7	20.1	163.9
SLC3	1618.5	207.9	180.8	68.6	59.7	90.9
SLC4	1599.9	218.8	181.1	72.2	59.8	93.7
SLC5	1653.4	205.3	56.3	67.8	18.6	70.3
SLC6	1634.8	216.2	56.7	71.4	18.7	73.8
SLU1	3659.4	123.8	119.1	40.9	39.3	56.7
SLU2	3632.7	139.5	119.6	46.0	39.5	60.6
SLU3	3688.5	153.3	74.0	50.6	24.4	56.2
SLU4	3644.0	179.5	74.7	59.2	24.7	64.2
SLU5	4163.0	119.3	73.2	39.4	24.2	46.2
SLU6	4136.3	135.0	73.7	44.5	24.3	50.7

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 89 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
MAX	8808.7	495.2	211.5	163.4	69.8	164.6

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

Dispositivo: SI-N 900/168

V	=	10980	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F _{zd}	=	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K _e	=	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	=	2814	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D _g	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	=	1049	kg	peso dell'isolatore

V_{Sd,max}	=	4560	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F_{Sd,zd}	=	8809	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
d_{max}	=	165	mm	spostamento massimo dell'impalcato
FS	=	2.41	ok	verifica sull'isolatore in fase di sisma
FS	=	2.41	ok	verifica sull'isolatore per carico verticale allo SLU in esercizio
FS	=	1.82	ok	spostamento dell'isolatore
d _{giunto}	=	329	mm	massima escursione del giunto
d_{max} SLC	=	165	mm	spostamento massimo in fase di sisma
d_{max} SLU	=	64	mm	spostamento massimo allo SLU

Le verifiche sul massimo carico agente in fase sismica e all'SLU sono soddisfatte con un fattore di sicurezza maggiore di 2. Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 165 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm. Dunque, l'isolatore scelto è completamente verificato per la carreggiata DX del viadotto in esame.

8 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, λ , si adotta l'espressione di Zimmerman. Nella schematizzazione adottata le sollecitazioni indotte sul palo sono funzione del solo taglio agente in testa. Visto che i tagli massimo agenti sul singolo palo della palificata della generica pila hanno lo stesso ordine di grandezza si è ritenuto opportuno dimensionare le palificate della carreggiata SX con un'unica tipologia di armatura. Per tali ragioni si è analizzato il palo più sollecitato. Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica delle palificate delle pile.

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

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
E	=	33643	MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200	mm	diametro palo
J	=	101787601976	mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	15000	kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800	mm	larghezza efficace del palo
E_s	=	27000	kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.75	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	m	altezza tratto libero
V_{max}	=	100.0	kN	taglio alla testa del palo
M_{max}	=	237	kNm	massimo momento flettente

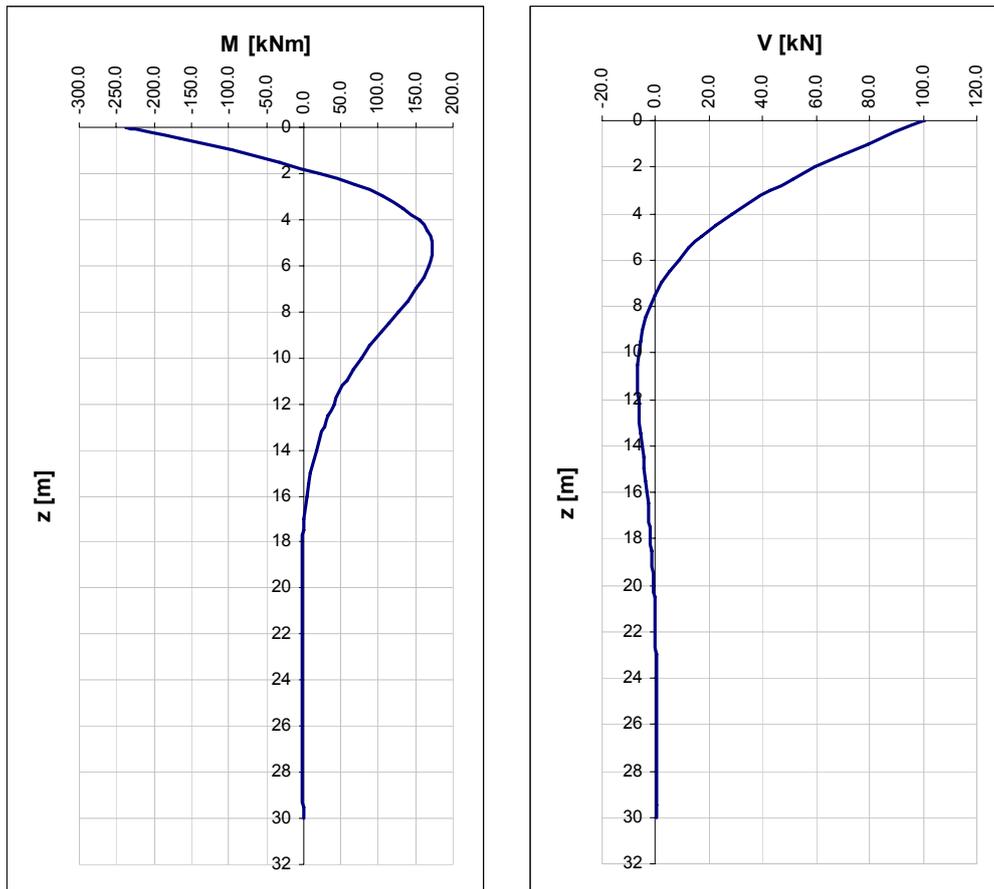


Figura 8.1 - Diagrammi del momento flettente e del taglio di calcolo

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 91 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

$M_{max} = 237 \text{ kNm}$ (massimo momento flettente);
 $N = 1593 \text{ kN}$ (sforzo normale);
armatura longitudinale = $14\varnothing 18$
 $MRd = 1407 \text{ kNm}$ (momento resistente).

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

Verifica C.A. S.L.U. - File:

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

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]
Raggio interno: 0 [cm]
N° barre uguali: 14
Diametro barre: 1.8 [cm]
Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 1593 1205 kN
M_{xEd}: 237 38 kNm
M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Materiali

B450C C30/37

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 11.5
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6933
 τ_{c1} : 2.029

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o: 0 cm Col. modello

Precompresso

M_{xRd} : 1 407 kN m
 σ_c : -17 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 12.2 ‰
d: 114 cm
x: 25.41 x/d: 0.2229
 δ : 0.7186

Figura 8.2 - Verifica a pressoflessione del palo più caricato

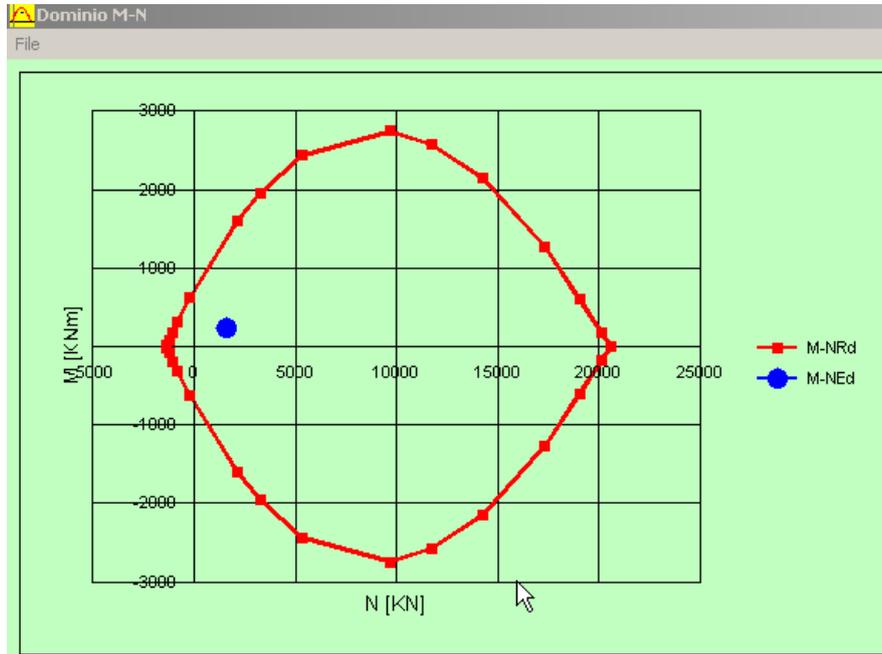


Figura 8.3 - Domino di resistenza.

8.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

La verifica di resistenza risulta soddisfatta se:

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

in cui:

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

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

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

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

dove:

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

$$D = \text{diametro della sezione}$$

$$d = \text{altezza utile della sezione}$$

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

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

$$s = \text{interasse tra due armature trasversali consecutive}$$

$$\alpha_c = \text{coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 93 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

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

Sollecitazioni

V_{Sd} = 100 kN taglio di calcolo
 N_{Sd} = 1593 kN sforzo normale di calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R_{ck} = 40 MPa resistenza caratteristica cubica
 f_{ck} = 33.2 MPa resistenza caratteristica cilindrica
 α_{cc} = 0.85 coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
 γ_c = 1.5 coefficiente parziale di sicurezza
 f_{cd} = 18.81 MPa resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

f_{yk} = 450.00 MPa tensione caratteristica di snervamento
 γ_s = 1.15 coefficiente parziale di sicurezza
 f_{yd} = 391.30 MPa tensione di snervamento di calcolo

Geometria

D = 1800 mm diametro palo
 c = 50 mm copriferro
 d = 1750 mm altezza utile
 b_{we} = 1620 mm base equivalente
 d_e = 1354 mm altezza utile equivalente

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

n_l = 14 numero ferri longitudinali
 \emptyset_l = 18 mm diametro ferri longitudinali
 A_{sl} = 3563 mm² armatura longitudinale
 A_c = 2544690.05 mm² area sezione cls
 k = 1.38
 σ_{cp} = 0.6260 MPa tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
 ρ_1 = 0.00162 ok rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
 V_{min} = 0.328
 V_{rd} = 926.47 kN taglio resistente
 V_{Sd} = 100 kN taglio di calcolo
FS = 9.26 ok se >1 verifica soddisfatta

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

8.1.3 S.L.E. – Fessurazione

4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione σ_s è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo teso della sezione calcolata per la combinazione di carico pertinente, facendo riferimento alla sezione parzializzata.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 94 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

- condizioni aggressive
- armature poco sensibili.

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

Tabella 8.1: Sollecitazioni per la verifica agli SLE

SLE_Frequente				SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M		N	V	M
Comb	kN	kN	kNm	Comb	kN	kN	kNm
Nmax	2305	25	59	Nmax	1951	22	52
Nmin	1177	16	38	Nmin	1659	13	31
Vmax	2266	25	59	Vmax	1917	22	52

Tabella 8.2: Tensioni di riferimento

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

Frequente	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	=	200	200	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	-	-	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	tutta compressa 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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 95 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

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

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

- Sezione circolare cava:** Raggio esterno 60 [cm], Raggio interno 0 [cm], N° barre uguali 14, Diametro barre 1.8 [cm], Copriferro (baric.) 6 [cm].
- Sollecitazioni:** Metodo n, N_{Ed} 1593, M_{xEd} 237, M_{yEd} 0.
- P.to applicazione N:** Centro, xN 0, yN 0.
- Materiali:** B450C (ε_{su} 67.5%, f_{yd} 391.3 N/mm², E_s 200 000 N/mm², E_s/E_c 15, ε_{syd} 1.957%, σ_{s,adm} 255 N/mm²) and C30/37 (ε_{c2} 2%, ε_{cu} 3.5%, f_{cd} 17, f_{cc}/f_{cd} 0.8, σ_{c,adm} 11.5, τ_{co} 0.6933, τ_{c1} 2.029).
- Stato tensionale:** σ_c -1.205 N/mm², ε_s -0.0606 ‰.
- Sezione C.A.:** Visualizza la sezione circolare con coordinate dei punti periferici.
- Metodo di calcolo:** Metodo n.
- Altri parametri:** Vertici: 52, N° iterazioni: 0, Precompresso (non selezionato).

Figura 8.4 - Stato tensionale per la combinazione Frequente (N_{min}).

8.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti:

CALCESTRUZZO

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 96 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

ACCIAIO

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

SLE_Caratteristica				SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M		N	V	M
Condizione	kN	kN	kNm	Condizione	kN	kN	kNm
Nmax	2352	29	69	Nmax	1951	22	52
Nmin	1127	22	52	Nmin	1659	13	31
Vmax	1282	29	69	Vmax	1798	22	52

Materiali

Rck	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{yk}	=	450.00	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

comb_Nmax comb_Mmax RARA RARA

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	19.9	19.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	2.46	1.57	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		8.09	12.70		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

σ_c	=	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	2.03	1.91	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		7.36	7.82		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

comb_Nmin comb_Mmax RARA RARA

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 97 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

9 ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

Il plinto presenta pianta rettangolare di lati 7.00m×9.10m ed altezza pari a 2.50 m. Esso è fondato su n. 8 pali Ø1200 mm posti ad interasse variabile tra un minimo di 3. massimo di 3.60 m e interasse . Nella presente relazione si riportano le verifiche del solo plinto di fondazione della carreggiata destra in corrispondenza della pila P05 in quanto quella soggetta alle azioni più sfavorevoli. I risultati ottenuti si estendono a tutti i plinti della carreggiata destra.

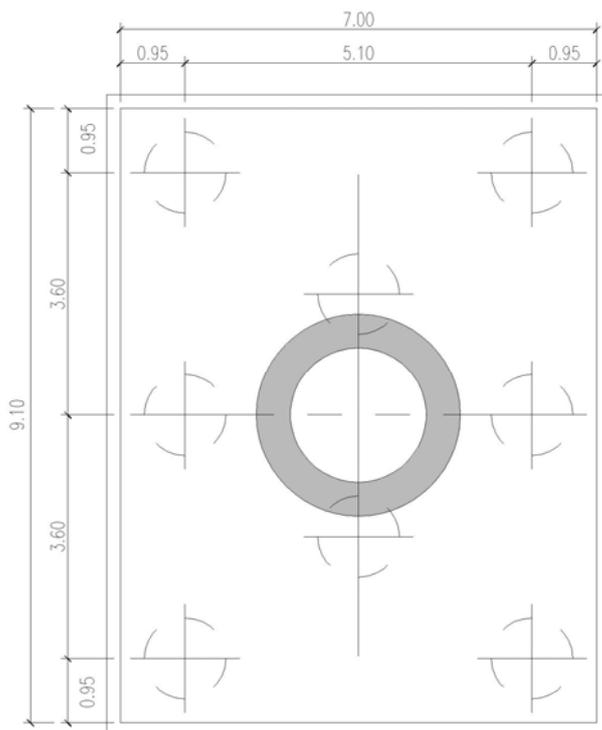


Figura 9.1 - Geometria del plinto.

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

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidezze della struttura reale. 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*).

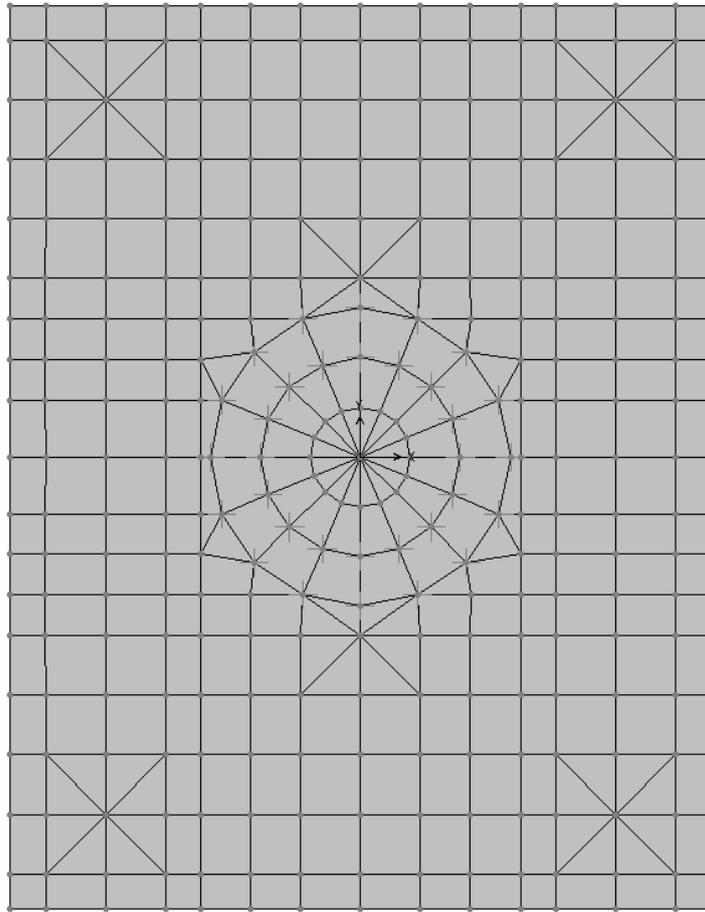


Figura 9.2 – Modello ad elementi finiti del plinto.

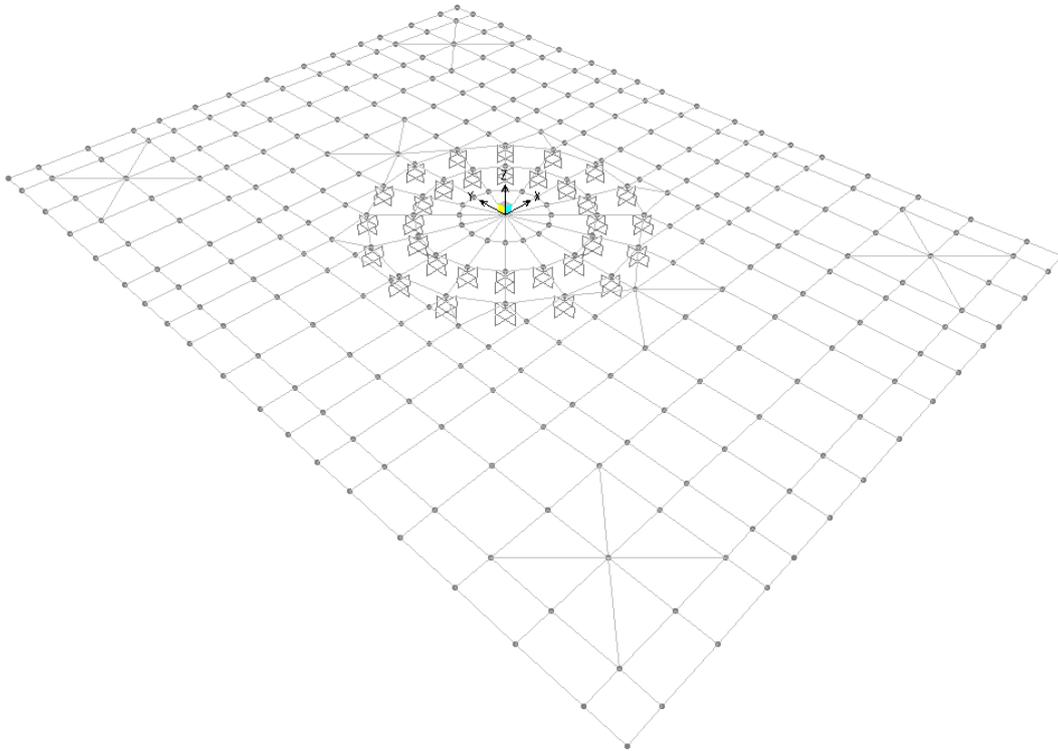


Figura 9.3 – Vista assonometrica del modello numerico.

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, per il dimensionamento si fa riferimento al plinto della pila P01 in quanto quello sollecitato dalle reazioni dei pali di maggiore intensità.

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/m³.

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:

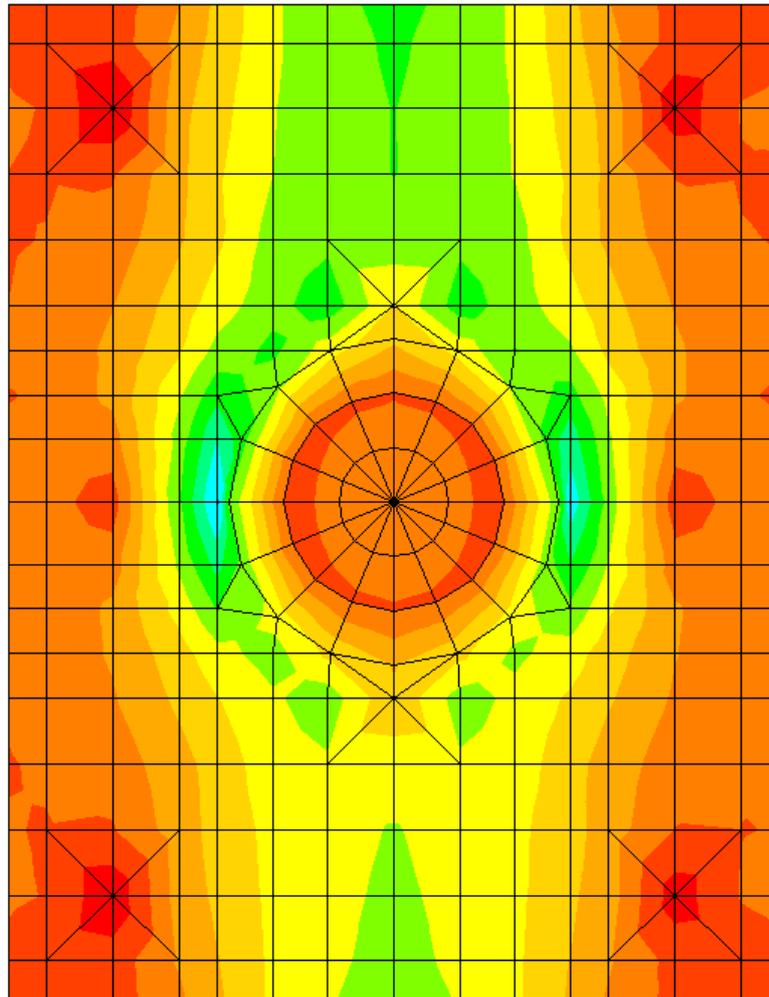
$$g_2 = 18.0 \times 1.0 = 18.0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{peso terreno}).$$

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.

Le combinazioni di carico analizzate sono le stesse di quelle considerate per l'analisi delle palificate e dell'elevazione delle pile (v. paragrafo 3.2).

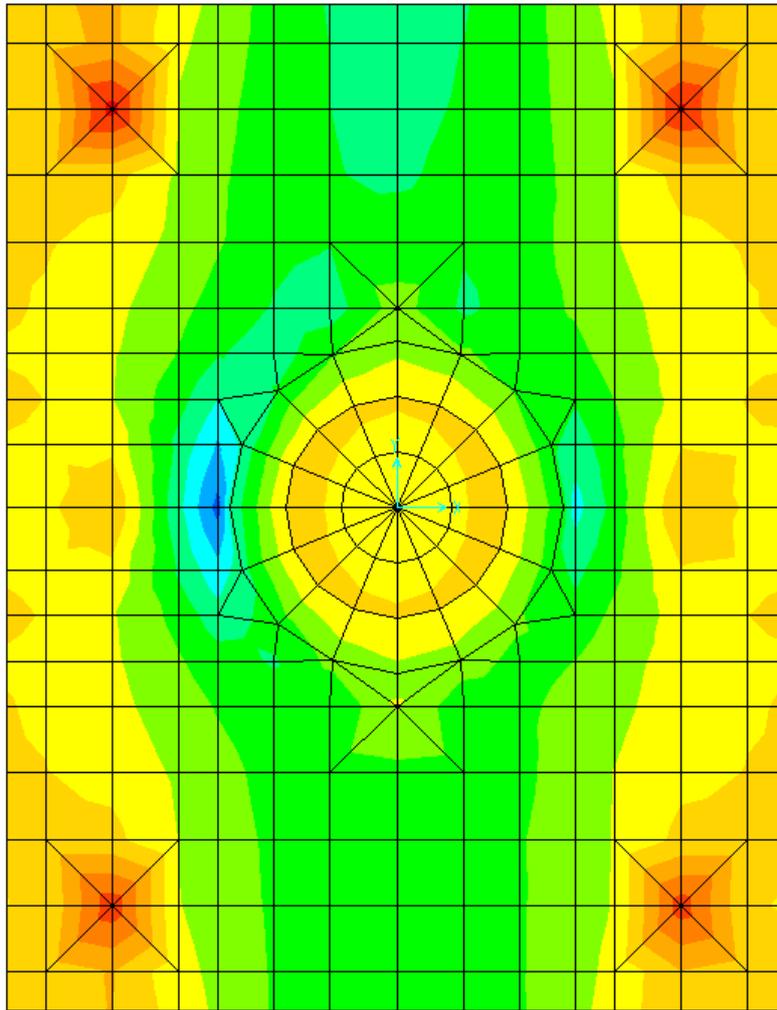
9.2 SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le distribuzioni degli involuipi delle massime e delle minime sollecitazioni flettenti e di taglio (M11max/min, M22 max/min, V13 max/min, V23 max/min). Gli involuipi rappresentati sono relativi alle combinazioni di carico allo SLU e allo SLV.



-0.66 -0.44 -0.22 0.00 0.22 0.44 0.66 0.88 1.10 1.32 1.54 1.76 1.98 2.20 E+3

Figura 9.4 – Involuppo massimo momento longitudinale M11.



-1.08 -0.90 -0.72 -0.54 -0.36 -0.18 0.00 0.18 0.36 0.54 0.72 0.90 1.08 1.26 E+06

Figura 9.5 – Involuppo minimo momento longitudinale M11.

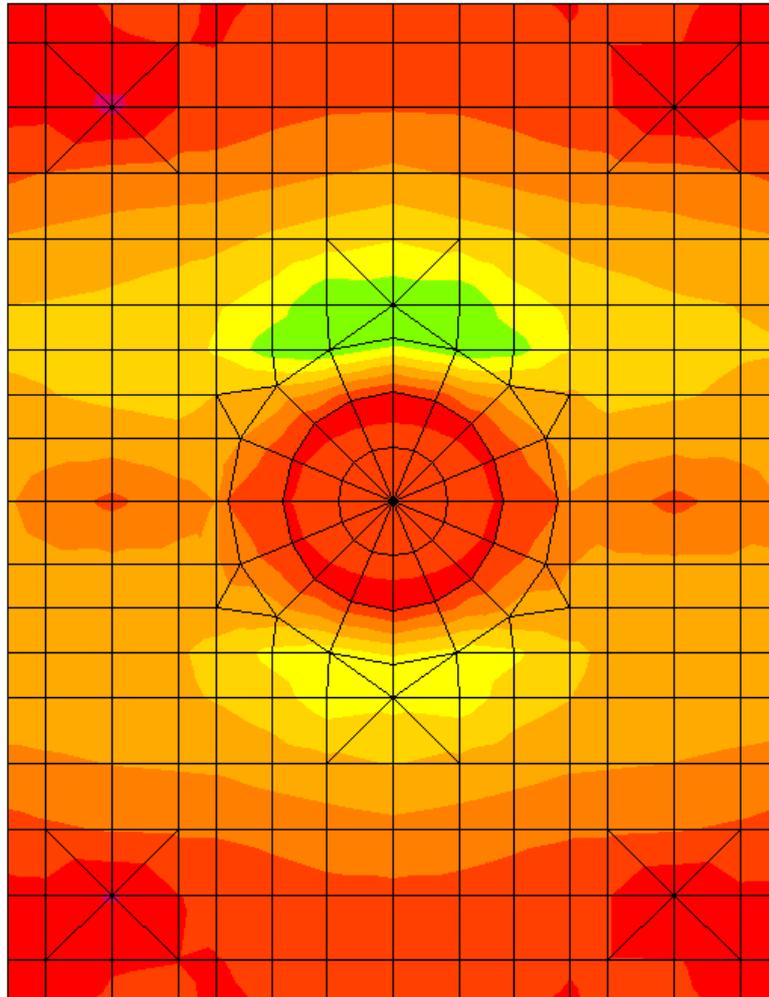


Figura 9.6 – Involuppo massimo momento trasversale M22.

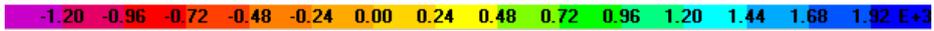
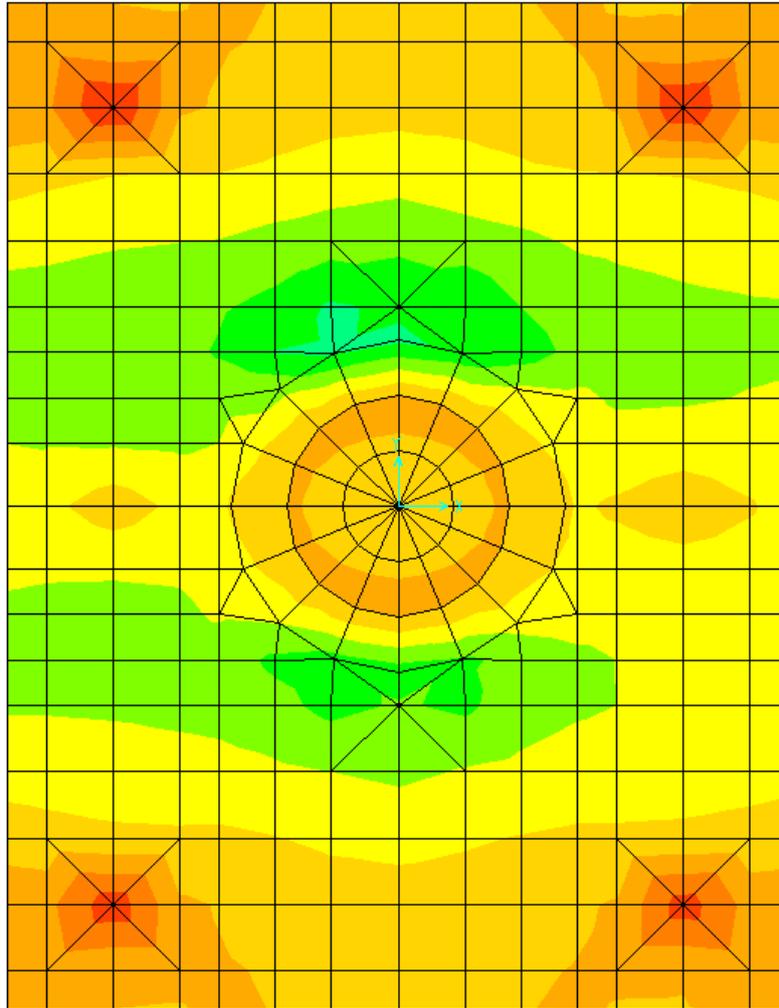


Figura 9.7 – Involuppo minimo momento trasversale M22.

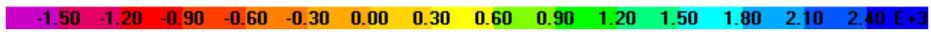
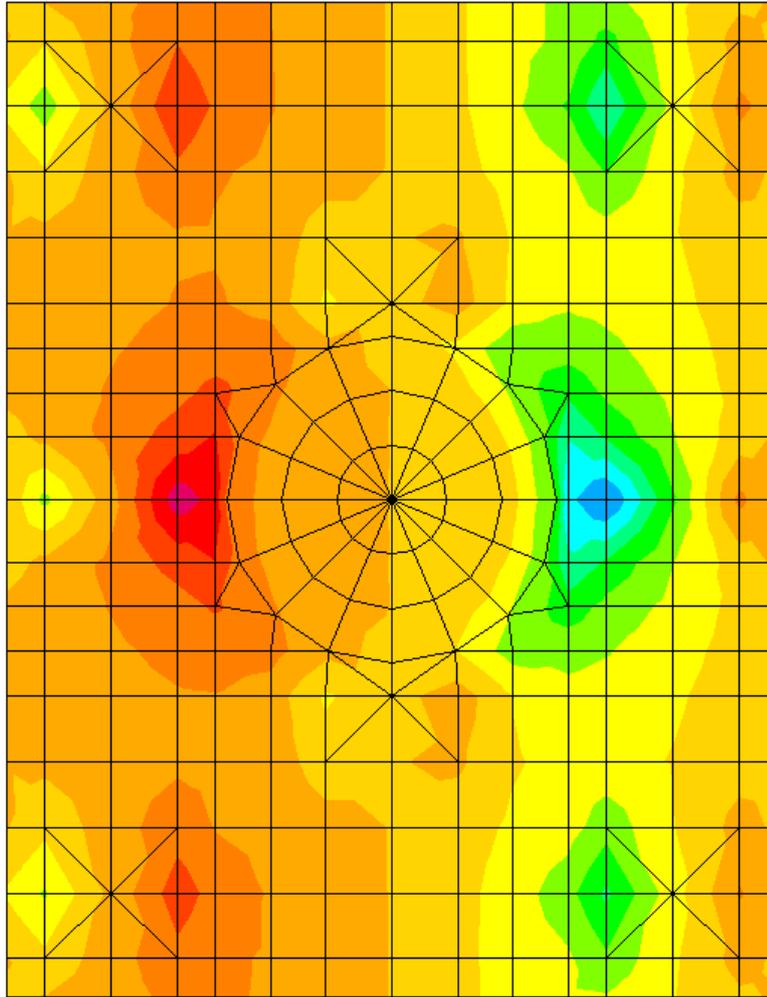
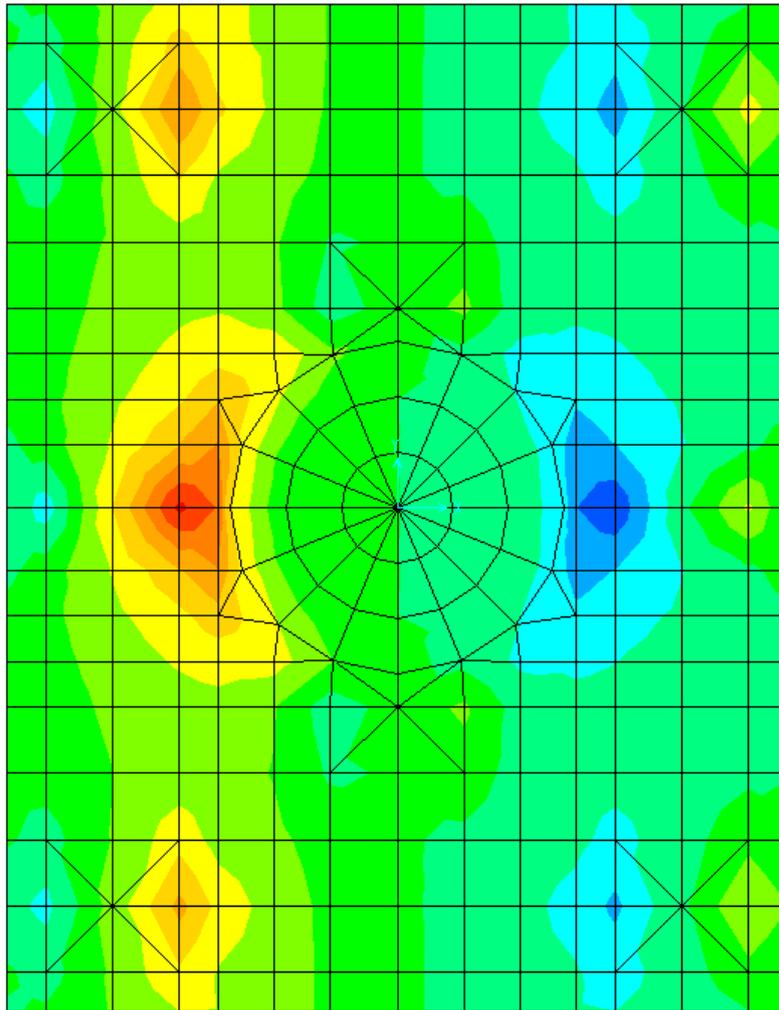


Figura 9.8 – Inviluppo massimo Taglio longitudinale V13.



-2.70 -2.40 -2.10 -1.80 -1.50 -1.20 -0.90 -0.60 -0.30 0.00 0.30 0.60 0.90 1.20 E+3

Figura 9.9 – Involuppo minimo Taglio longitudinale V13.

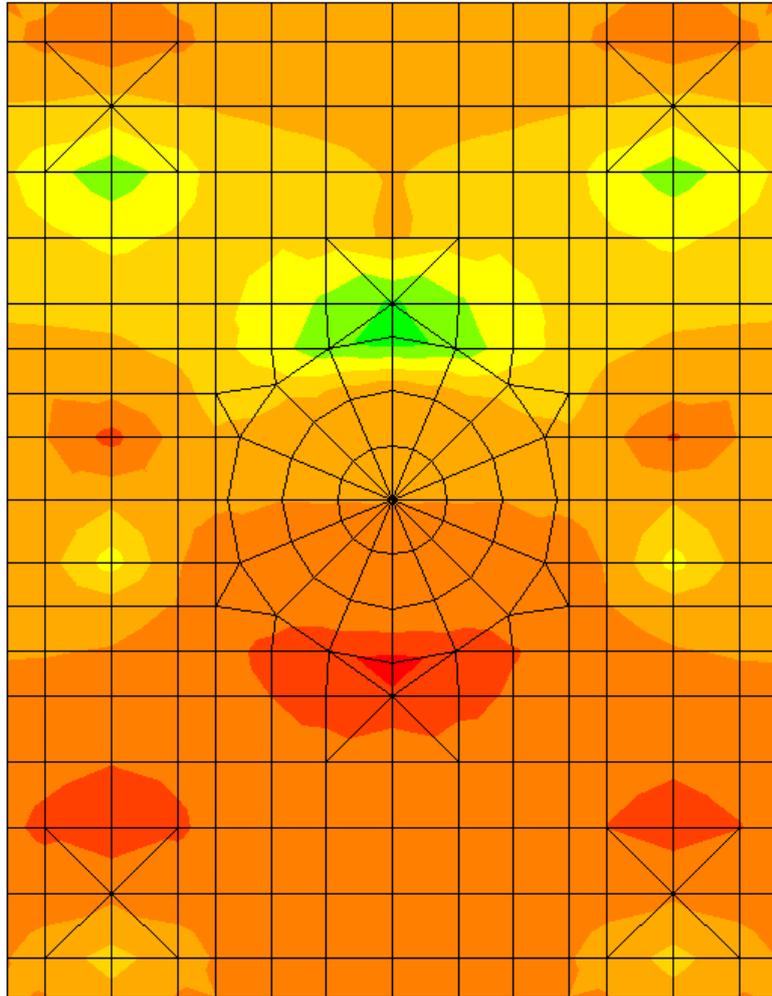


Figura 9.10 – Inviluppo massimo Taglio trasversale V23.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 108 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[mmq]	[mmq]	[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]
1000	2500	2019	-115	1571	2655	50	53	2501	-1498
ARMATURA LONGITUDINALE									
larghezza sezione	altezza sezione	massimo momento positivo	massimo momento negativo	armatura superiore	armatura inferiore	copriferro armatura superiore	copriferro armatura inferiore	momento resistente positivo	momento resistente negativo
B	H			As,s	As,i	cs	ci	Mr+	Mr-
[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[mmq]	[mmq]	[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]
1000	2500	1535	-120	1571	2655	70	79	2468	-1491

Come risulta dai risultati riportati in tabella, in tutte le condizioni analizzate i momenti resistenti, sia positivi, sia negativi, risultano maggiori dei momenti di calcolo agenti nella sezione, per cui le verifiche risultano soddisfatte.

9.4 S.L.U. – VERIFICA A TAGLIO

Si riportano di seguito le verifiche a taglio delle due sezioni soggette rispettivamente al massimo taglio in direzione trasversale (agente sul piano di normale l'asse trasversale del viadotto) ed al taglio massimo longitudinale. La verifica risulta soddisfatta se:

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

in cui:

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

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

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

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

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

α_c = coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

f_{cd}' = 0.5 · f_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo

Dettaglio dei calcoli di verifica

		massimo taglio longitudinale V13max	massimo taglio trasversale V23max		
condizione					
Sollecitazioni					
V	=	1620	1670	kN	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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I	
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX	
	Pagina 109 di 121	
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc	

N	=	0	0	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}	=	40.0	40.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.2	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	18.8	18.8	MPa	resistenza di calcolo a compressione
γ_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}	=	4225.0	4225.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00169	0.00169		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
v_{min}	=	0.3	0.3		
σ_{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}	=	720.3	720.3	kN	taglio resistente
FS	=	0.4	0.4		
check	=	NO	NO		
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 ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\theta (V)$	=	32.0	31.0		
$ctg\theta$	=	2.5	2.5		
θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	3903.33	3903.33	kN	taglio resistente armatura
a_c	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
f_{cd}	=	9.41	9.41	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	14815.5	14815.5	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	3903.3	3903.3	kN	taglio resistente sezione
FS	=	2.4	2.3		
check	=	OK	OK		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 111 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

n1 (superiore)	=	5	5	5	5	5	5	5	5		numero barre strato 1
n2	=										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	=										numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre											
Ø1	=	20	26	20	26	20	26	20	26	mm	diametro barre strato 1
Ø2	=									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	=									mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	26	20	26	20	26	20	26	20	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre											
y1	=	2430	2421	2450	2447	2430	2421	2450	2447	mm	ordinata barre strato 1
y2	=									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	=									mm	ordinata barre strato 7
y8	=	79	70	53	50	79	70	53	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre											
A _{s1}	=	1571	2655	1571	2655	1571	2655	1571	2655	mm ²	area barre strato 1
A _{s2}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2
A _{s3}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A _{s8}	=	2655	1571	2655	1571	2655	1571	2655	1571	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI											
M	=	1473	76	1140	95	1235	57	950	105	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	0	0	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI											
cs	=	1	1	1	1	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice									
an	=	384.0	289.9	385.2	288.3	384.0	289.9	385.2	288.3	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	2116	2210	2115	2212	2116	2210	2115	2212	mm	ordinata asse neutro
A	=	447351	353298	448610	351698	447351	353298	448610	351698	mm ²	area sezione reagente
J	=	1.86E+11	1.18E+11	1.91E+11	1.20E+11	1.86E+11	1.18E+11	1.91E+11	1.20E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 112 di 121
	Nome file: VI12-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

S	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ_c	=	-3.03	-0.19	-2.30	-0.23	-2.54	-0.14	-1.92	-0.25	MPa	tensione calcestruzzo
σ_s	=	241.35	20.71	184.61	25.61	202.42	15.53	153.84	28.17	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE											
M_{fess}	=	2887.3	2853.6	2895.2	2860.4	2887.3	2853.6	2895.2	2860.4	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	2.0	37.5	2.5	30.1	2.3	50.1	3.0	27.4		check ok se >1

Come si evince dai risultati ottenuti, in tutte le sezioni analizzate e per tutte le combinazioni di carico considerate, il momento di prima fessurazione risulta maggiore del momento agente, pertanto le verifiche risultano soddisfatte.

9.6 S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per la combinazione quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti e pari a:

- $0.60 f_{ck}$ = massima compressione calcestruzzo in combinazione caratteristica;
- $0.40 f_{ck}$ = massima compressione calcestruzzo in combinazione quasi permanente;
- $0.8 f_{yk}$ = massima tensione acciaio in combinazione caratteristica (rara).

Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di verifica.

combinazione di carico		Rara	Rara	Rara	Rara	Quasi Perm.	Quasi Perm.	Quasi Perm.	Quasi Perm.		
sezione di verifica		momento longitudinale M11	momento longitudinale M11	momento trasversale e M22	momento trasversale e M22	momento longitudinale M11	momento longitudinale M11	momento trasversale e M22	momento trasversale e M22		
condizione di sollecitazione		momento positivo	momento negativo								
MATERIALI											
Calcestruzzo											
R_{ck}	=	30	30	30	30	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{ctfm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	0.85	0.85	0.85	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	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	31447	31447	31447	31447	31447	31447	31447	31447	MPa	modulo di Young
Acciaio											
E_s	=	206000	206000	206000	206000	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
γ_s	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio

f_{yk}	=	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio							
f_{vd}	=	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n	=	15		coefficiente di omogeneizzazione							
GEOMETRIA SEZIONE											
B	=	1000	mm	larghezza							
H	=	2500	mm	altezza							
c'	=	40	mm	copriferro							
ARMATURA											
numero barre											
n1 (superiore)	=	5		numero barre strato 1							
n2	=										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	=										numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	5		numero barre strato 8							
diametro barre											
Ø1	=	20	26	20	26	20	26	20	26	mm	diametro barre strato 1
Ø2	=									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	=									mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	26	20	26	20	26	20	26	20	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre											
y1	=	2430	2421	2450	2447	2430	2421	2450	2447	mm	ordinata barre strato 1
y2	=									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	=									mm	ordinata barre strato 7
y8	=	79	70	53	50	79	70	53	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre											
A_{s1}	=	1571	2655	1571	2655	1571	2655	1571	2655	mm ²	area barre strato 1
A_{s2}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2
A_{s3}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3
A_{s4}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A_{s5}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A_{s6}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A_{s7}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A_{s8}	=	2655	1571	2655	1571	2655	1571	2655	1571	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI											
M	=	144	86	1254	114	1235	57	950	105	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I								
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX								
	Pagina 114 di 121								
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc								

											inferiori)	
N	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kN	sforzamento normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI												
cs	=	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice										
an	=	384.0	289.9	385.2	288.3	384.0	289.9	385.2	288.3	mm		asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	2116	2210	2115	2212	2116	2210	2115	2212	mm		ordinata asse neutro
A	=	447351	353298	448610	351698	447351	353298	448610	351698	mm ²		area sezione reagente
J	=	1864240 55444	1178067 59374	1909735 20959	1202959 10552	1864240 55444	1178067 59374	1909735 20959	1202959 10552	mm ⁴		momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm ³		momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.30	-0.21	-2.53	-0.27	-2.54	-0.14	-1.92	-0.25	MPa		tensione calcestruzzo
σ _{c,max}	=	-14.94	-14.94	-14.94	-14.94	-11.21	-11.21	-11.21	-11.21	MPa		massima tensione del cls da normativa
FS		50.23	71.00	5.91	54.68	4.41	79.88	5.85	44.74			check ok se >1
σ _s	=	23.67	23.30	203.07	30.73	202.42	15.53	153.84	28.17	MPa		tensione massima acciaio
σ _{s,max}	=	360.00	360.00	360.00	360.00	-	-	-	-	MPa		massima tensione dell'acciaio normativa
FS		15.21	15.45	1.77	11.72	-	-	-	-			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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 115 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.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.

Tabella 10.1 - Parametri fisico-meccanici usati nelle verifiche geotecniche

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
peso secco γ_d (kN/m ³)	19.6	19.8	19.3	19.8
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	19.6	19.8	19.3	19.8
coesione non dren. c_u (kPa)	129	199	199 ¹	250 ²
coesione dren. c' (kPa)	19	24	21	5
angolo attrito ϕ' (°)	21	19	23	23

10.1 CARICO LIMITE VERTICALE

10.1.1 Criteri di calcolo del carico limite verticale

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

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

c_u	α
(kPa)	(-)
<25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
≥ 75	0.4

Tabella 10.2: Valori del coefficiente α in funzione di c_u

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

¹ In mancanza di dati si è assunto il valore della c_u dello strato argilloso superiore.

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

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

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

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:

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

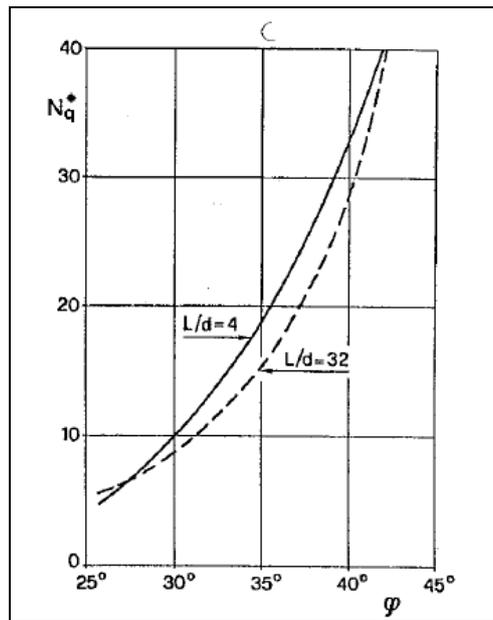


Tabella 10.3: Coefficienti N_q

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

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

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

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

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

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 1 - CARR. DX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRV1	6	0	6
2° strato	TRV2a	9	6	15
3° strato	TRV2b	30	15	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 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 117 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 2 - CARR. DX

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TF1	4	0	4
2° strato	TRV1	3	4	7
3° strato	TRV2a	12	7	19
4° strato	TRV2b	26	19	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 3 - CARR. DX

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TF1	3	0	3
2° strato	TRV1	5	3	8
3° strato	TRV2a	9	8	17
4° strato	TRV2b	28	17	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 4 - CARR. DX

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

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 5 - CARR. DX

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

10.1.2 Criteri di verifiche

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema. I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{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 $\gamma_E = \gamma_F$:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 118 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_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}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

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

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale ^(*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

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

Tabella 10.7: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 119 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione ξ 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 ξ_3 . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è **6**.

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

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

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tabella 10.8: Fattori di correlazione ξ

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

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

Tabella 10.9 - Carreggita Destra - Riepilogo dei risultati

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			peso palo compensato	carico limite	
pila	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
Pila1	3657.63	2183.95	1.2	8	27	225.36	6392.6	5664.9
Pila2	3554.83	2424.60	1.2	8	22	177.87	4581.1	4597.5
Pila3	3511.94	2275.66	1.2	8	22	180.01	4491.7	4551.5
Pila4	3400.00	2021.00	1.2	8	22	180.47	4495.8	4694.7
Pila5	3591.63	2094.29	1.2	8	26	215.28	5867.4	5433.7

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:

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO-CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Arenella I
	Relazione di Calcolo Pile carreggiata DX
	Pagina 120 di 121
	Nome file: V112-C-CL005_C.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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:

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

10.2.2 Criteri di verifica

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

Coefficienti parziali γ_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

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 destra

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

