

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 Giulfo

Relazione di calcolo Pile

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 4 4 V I 2 0 1 V I 0 1 C C L 0 0 4 B - Scala:

F						
E						
D						
C						
B	Luglio 2011	Revisione a seguito di incontri con il Committente	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
A	Aprile 2011	EMISSIONE	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

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

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 1 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	PREMESSA	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	3
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
2	ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO.....	13
2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	13
2.1.1	Calcolo della rigidezza effettiva delle pile	14
2.2	ANALISI DEI CARICHI.....	15
2.2.1	Peso Proprio (g1).....	15
2.2.2	Permanenti portati su impalcato (g2).....	15
2.2.3	Effetti del ritiro (e2).....	15
2.2.4	Effetti della temperatura (e3)	15
2.2.5	Carichi mobili (q1)	16
2.2.6	Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)	16
2.2.7	zione di frenatura/accelerazione (q3)	16
2.2.8	Forza centrifuga (q4).....	17
2.2.9	Azione del vento (q5).....	17
2.2.10	Azione sismica (q6).....	17
2.2.11	Resistenza parassita dei vincoli (q7)	19
2.3	RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO	19
3	SOLLECITAZIONI NELLE PILE.....	24
3.1	SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	24
3.1.1	Sollecitazioni nella sezione di base delle pile	25
3.1.2	Sollecitazioni nella sezione posta a 10.50 m dall'estradosso plinto	29
3.2	SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	32
3.2.1	Sollecitazioni nella sezione di base delle pile	32
3.2.2	Sollecitazioni nella sezione posta a 10.50 m dall'estradosso plinto	36
4	VERIFICHE ALLO SLU E SLE DEL FUSTO PILE	40
4.1	VERIFICA PER TENSIONI NORMALI	40
4.1.1	Sezione di spiccato	43
4.1.1.1	Gruppo 1: pile P01, P02, P11 e P12	43
4.1.1.2	Gruppo 2: pile P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09, P10	45
4.1.2	Sezione posta a 10.50 m dall'estradosso plinto	46
4.2	VERIFICA PER TENSIONI TANGENZIALI.....	46
4.3	VERIFICA A FESSURAZIONE (SLE)	48
5	EFFETTI DEL SECONDO ORDINE	54
5.1	METODO BASATO SULLA CURVATURA NOMINALE	54
5.1.1	Valutazione della snellezza.....	54
5.1.2	Viscosità.....	55
5.1.3	Momenti flettenti.....	55
5.1.4	Curvatura	56
5.1.5	Flessione deviata	57
5.2	VERIFICA ALL'INSTABILITÀ	58
5.2.1	Momenti di calcolo al secondo ordine.....	59
5.2.2	Verifica di resistenza per l'instabilità	76
6	VERIFICA DEL PULVINO	77
6.1	VERIFICA BAGGIOLI	79

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 2 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

7	ANALSI DELLE PALIFICATE	81
7.1	AZIONI NELLE CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO	81
7.2	AZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	85
7.3	AZIONI SUI PALI.....	86
7.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI (SLU).....	93
7.4.1	Verifica dei pali allo SLU per tensioni normali	94
7.4.2	Verifica dei pali a taglio	95
7.5	VERIFICHE DEI PALI AGLI SLE.....	96
7.5.1	Combinazioni di carico SLE	96
7.5.2	Azioni sui pali nelle combinazioni di carico.....	97
7.5.3	Verifica a fessurazione.....	98
7.5.3.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti.....	98
7.5.3.2	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Quasi Permanente	99
7.5.4	Verifica delle tensioni di esercizio.....	99
7.6	VERIFICHE GEOTECNICHE	101
7.6.1	Verifica a carico limite verticale	101
7.6.1.1	Parametri geotecnici.....	101
7.6.1.2	Criterio di calcolo del carico limite verticale	101
7.6.1.3	Criterio di verifica.....	104
7.6.1.4	Risultati.....	106
7.6.1.5	Riferimenti bibliografici	107
7.6.2	Verifica a carico limite orizzontale	107
7.6.2.1	Verifica in condizioni non drenate.....	107
7.6.2.2	Verifica in condizioni drenate.....	108
8	ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE TIPO A – 9 PALI.....	109
8.1	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO	111
8.2	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI.....	112
8.3	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI TANGENZIALI	114
8.4	VERIFICHE A FESSURAZIONE	115
9	ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE TIPO B – 8 PALI.....	120
9.1	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO	122
9.2	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI.....	123
9.3	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI TANGENZIALI	125
9.4	VERIFICHE A FESSURAZIONE	126
10	ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE TIPO C – 6 PALI	132
10.1	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO	134
10.2	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI	135
10.3	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI TANGENZIALI	137
10.4	VERIFICHE A FESSURAZIONE.....	138
11	ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE TIPO D – 5 PALI	144
11.1	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO	146
11.2	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI NORMALI	147
11.3	VERIFICHE DI RESISTENZA PER TENSIONI TANGENZIALI	149
11.4	VERIFICHE A FESSURAZIONE.....	150
12	ISOLATORI SISMICI.....	156

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 3 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle pile della carreggiata SX e DX del **viadotto Giulfo** 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 prevalentemente a curvatura costante di raggio – misurato sull'asse impalcato della carreggiata destra – pari a circa 1930 m. Solo le ultime quattro campate in direzione A19 presentano un tracciato a curvatura variabile secondo un arco di clotoide. Ciascuna delle due carreggiate è composta da n. 13 campate di luce pari a 65.0 m e 45.0 m rispettivamente per quelle centrali e per quelle di riva. Le campate della carreggiata sinistra (direzione Agrigento) presentano, invece, come evidenziato nella seguente tabella, luci lievemente inferiori:

Tabella 1.1 - Luci campate carreggiata sinistra (dir. Agrigento).

Campata carr. SX	L [m]
1	42.407
2	64.852
3	64.833
4	64.873
5	64.852
6	65.153
7	64.552
8	64.853
9	64.850
10	64.887
11	64.921
12	64.968
13	42.509

L'impalcato di ciascuna carreggiata è realizzato in acciaio-cl.s. con schema statico di trave continua su 14 appoggi.

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da una coppia di travi a "doppio T" in composizione saldata, disposte ad interasse trasversale pari a 5.75 m ed aventi altezza costante di 2.8 m; lo sviluppo longitudinale è suddiviso in conci collegati mediante giunzioni saldate a completo ripristino.

I traversi, disposti ad interasse longitudinale pari a 4.50 m, sono realizzati mediante un profilo IPE 500, posto a metà della trave esterna; i traversi in asse alle pile ed alle spalle, e tre traversi posti a destra e sinistra di questi ultimi sono di tipo reticolare, con il corrente inferiore formato sempre da una IPE500, ma posto più in basso (a 1900mm dall'estradosso della trave esterna). Sono presenti inoltre ampie zone di irrigidimento, sia in posizione centrale all'IPE500 per accogliere due diagonali formati da 2L100x100x10, sia in corrispondenza dei collegamenti flange inferiori – IPE 500. Si rimanda alle tavole di progetto per approfondimenti.

Le travi principali sono irrigidite mediante stiffeners verticali ed un irrigidente longitudinale per tutto lo sviluppo della travata. La stabilizzazione della struttura metallica durante le fasi antecedenti alla realizzazione e solidarizzazione della soletta in c.a. è assicurata da un sistema di controventi superiori a

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 4 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

croce, realizzato mediante profili angolari standard L80*6mm che vengono rimossi dopo il varo dell'impalcato in acciaio effettuato a Spinta a partire da una spalla del viadotto.

La soletta in calcestruzzo presenta larghezza complessiva di 12.75 m, e spessore variabile, pari a 350 mm in asse travi e 250 mm alle estremità. Il getto delle solette sarà effettuato mediante casseri autoportanti. La connessione soletta - travi è realizzata mediante pioli elettrosaldati tipo Nelson Ø22 mm.

Il piano viabile è di 10.50 m di larghezza, con due marciapiedi laterali, di larghezza pari a 1.50 m.e 0.75 m.

La figura seguente riporta la sezione trasversale dell'impalcato.

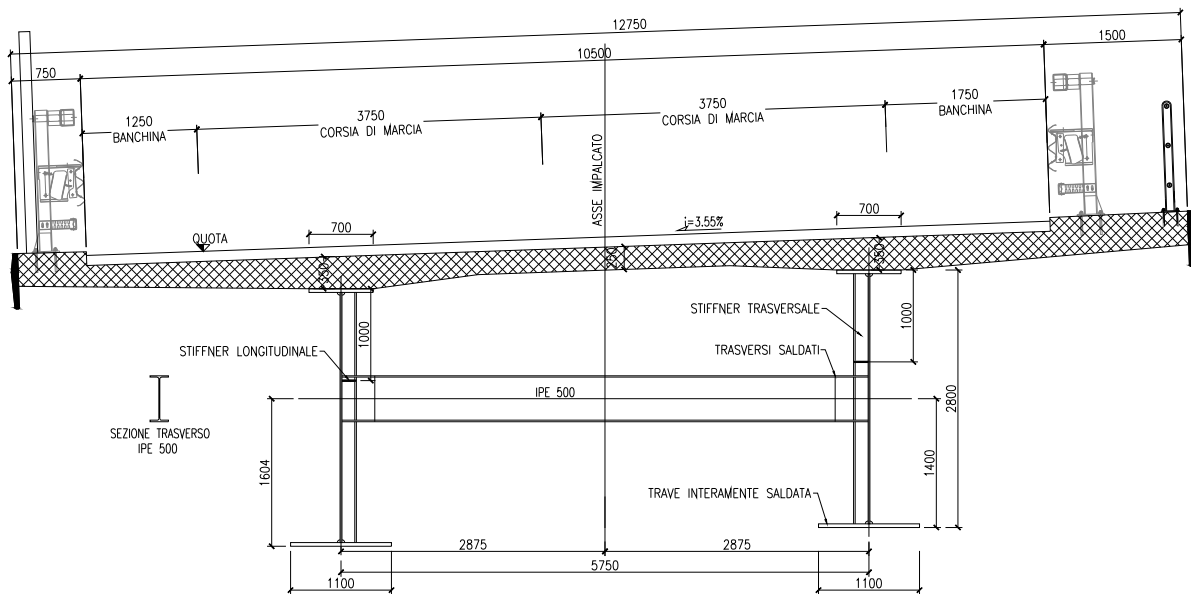


Figura 1-1 - Sezione trasversale tipo dell'impalcato.

Le pile sono realizzate in c.a.. Esse presentano una sagoma cruciforme e sono costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo di dimensioni 4.00m×3.00m, e da un pulvino a sezione variabile che si allarga seguendo una curva circolare fino a raggiungere una larghezza tale da poter accogliere le due travi dell'impalcato poste ad interasse di 5.75m.

Tabella 1.2 - Altezze delle pile (carr. DX e SX).

pila	H [m]
P01	9.46
P02	16.66
P03	21.46
P04	29.86
P05	31.46
P06	32.26
P07	33.46
P08	34.66
P09	34.66
P10	27.46
P11	19.06
P12	13.06

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 5 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro. In particolare, le palificate delle pile sono costituite da n.5, o n.6, o n.8, o n.9 pali Ø1500mm posti ad interasse di 4.50m. Si riporta nel seguito un prospetto delle palificate adottate.

PILA	TIPO PLINTO	N. PALI	D [mm]
P01	D	5	1500
P02	C	6	1500
P03	B	8	1500
P04sx	B	8	1500
P04dx	A	9	1500
P05	B	8	1500
P06	B	8	1500
P07	A	9	1500
P08	A	9	1500
P09	A	9	1500
P10	B	8	1500
P11	C	6	1500
P12	C	6	1500

I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50m a pianta rettangolare. Nelle seguenti figure si illustra la geometria delle pile.

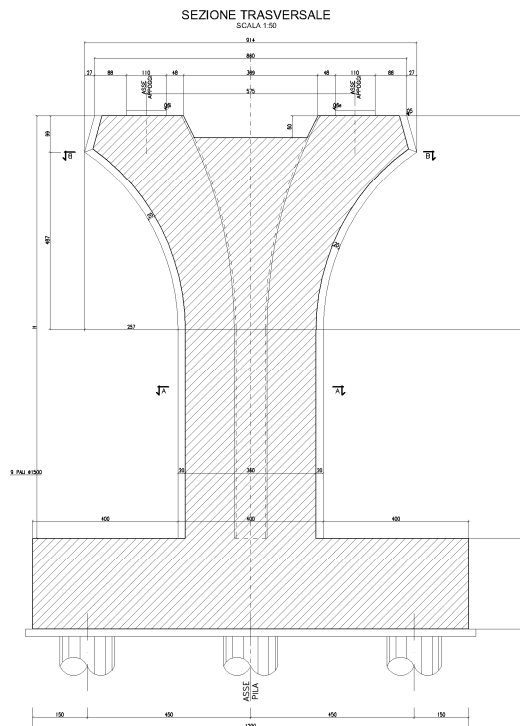


Figura 1-2 – Sezione trasversale con fondazione tipo A.

SEZIONE A-A
 SCALA 1:50

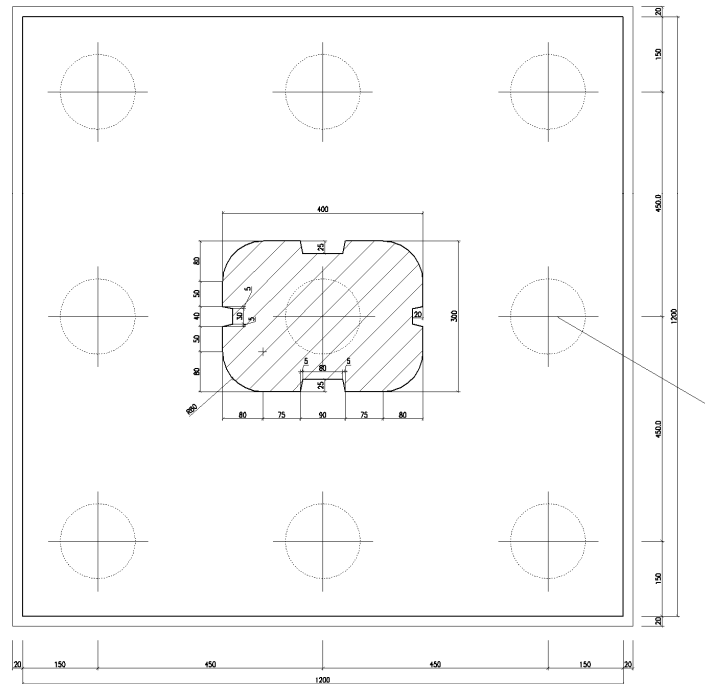


Figura 1-3 - Pianta spiccato fondazione tipo A.

SEZIONE TRASVERSALE
 SCALA 1:50

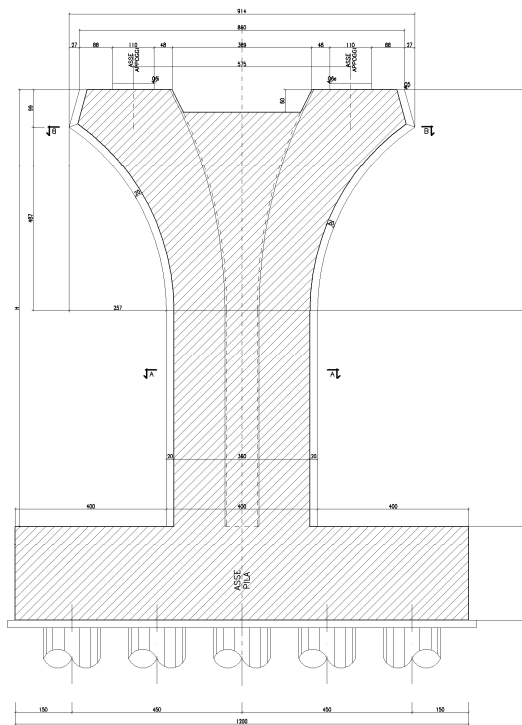


Figura 1-4 – Sezione trasversale con fondazione tipo B.

SEZIONE A-A
 SCALA 1:50

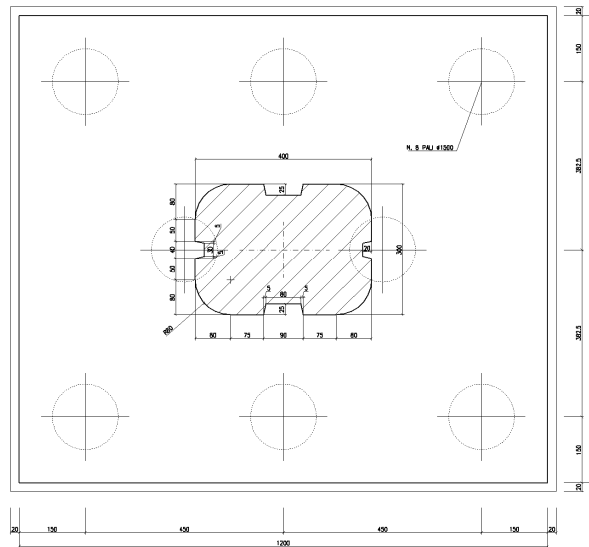


Figura 1-5 - Pianta spiccato fondazione tipo B.

SEZIONE TRASVERSALE
 SCALA 1:50

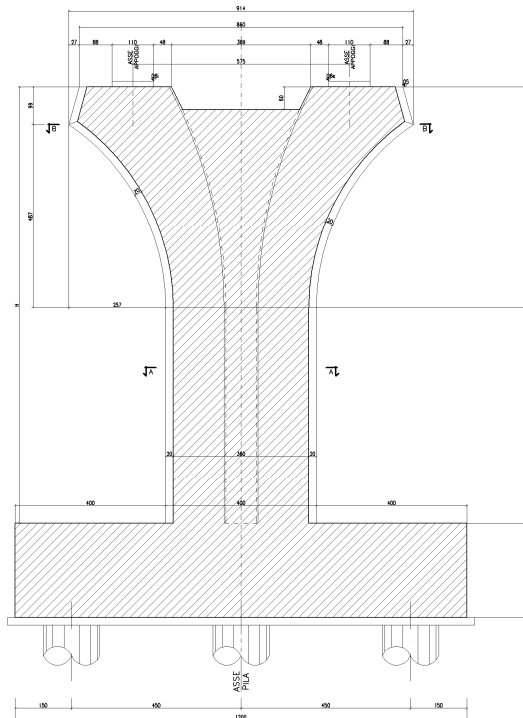


Figura 1-6 – Sezione trasversale con fondazione tipo C.

SEZIONE A-A
 SCALA 1:50

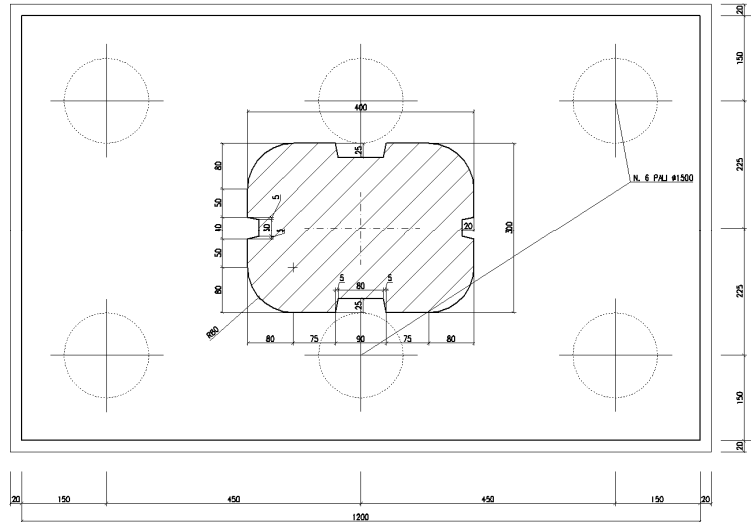


Figura 1-7 - Pianta spiccato fondazione tipo C.

SEZIONE TRASVERSALE
 SCALA 1:50

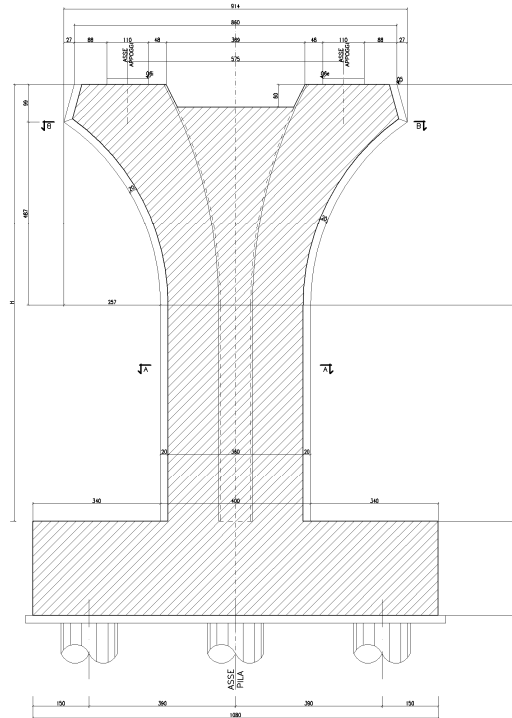


Figura 1-8 – Sezione trasversale con fondazione tipo D.

SEZIONE A-A
SCALA 1:50

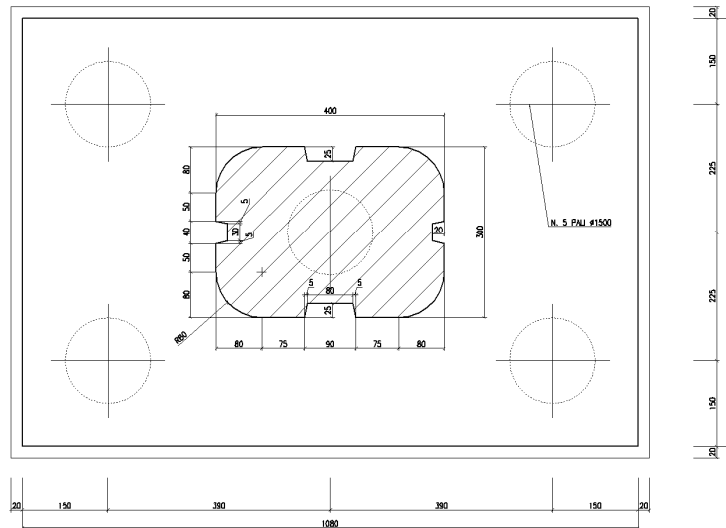


Figura 1-9 - Pianta spiccato fondazione tipo D.

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, compreso effetti lenti quali variazioni termiche, fluage, ritiro .

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 10 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

1.3 Normativa 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")
- 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 1993-1-1: Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-2: Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio
- UNI EN 1993-1-5: Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra
- UNI EN 1993-1-8: Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti
- UNI EN 1993-1-9: Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica
- UNI EN 1994-1-1: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
- 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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 11 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

1.4 Caratteristiche dei materiali

CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE C32/40

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	27.56	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	41.20	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	3.10	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	4.03	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	3.72	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	=	33643		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	1.50		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	0.85	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XA2				classe di esposizione
S3 - S4				classe di consistenza

CALCESTRUZZO FONDAZIONE PILE C32/40

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	27.56	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	41.20	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	3.10	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	4.03	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	3.72	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	=	33643		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	1.50		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	0.85	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XA2				classe di esposizione
S3 - S4				classe di consistenza

CALCESTRUZZO ELEVAZIONE PILE E PULVINI C28/35

R_{ck}	=	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	3.69	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	=	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	2.46	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XF2				classe di esposizione
S3 - S4				classe di consistenza

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 12 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

CALCESTRUZZO BAGGIOLI C35/45

R_{ck}	= 45	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= 37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	= 45.35	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	= 3.35	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	= 4.36	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	= 4.02	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	= 34625	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 21.17	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	= 2.91	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XF4			classe di esposizione
S4			classe di consistenza

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}	$\geq f_{y,nom}$		tensione caratteristica di snervamento
f_{tk}	$\geq f_{t,nom}$		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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 13 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.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 un modello numerico agli elementi finiti dell'opera che, con buona approssimazione riproduce la distribuzione delle rigidità e delle masse della struttura reale. In particolare è stato schematizzato il viadotto della carreggiata dx che pur avendo altezze delle pile identiche a quelle dell'altra carreggiata, presenta lunghezze delle campate lievemente maggiori (massima differenza 15 cm). Considerate le esigue differenze di luce delle campate delle due carreggiate, i risultati ottenuti per il viadotto della carreggiata dx saranno estesi a quello dell'altra carreggiata.

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 cinatismi 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:

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

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

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

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 di sommità.

Il modello numerico sono stati implementati mediante il codice di calcolo agli elementi finiti SAP 2000 della *Computers and Structures, Inc.* Nelle seguenti figure sono riportate delle viste di tali modelli.

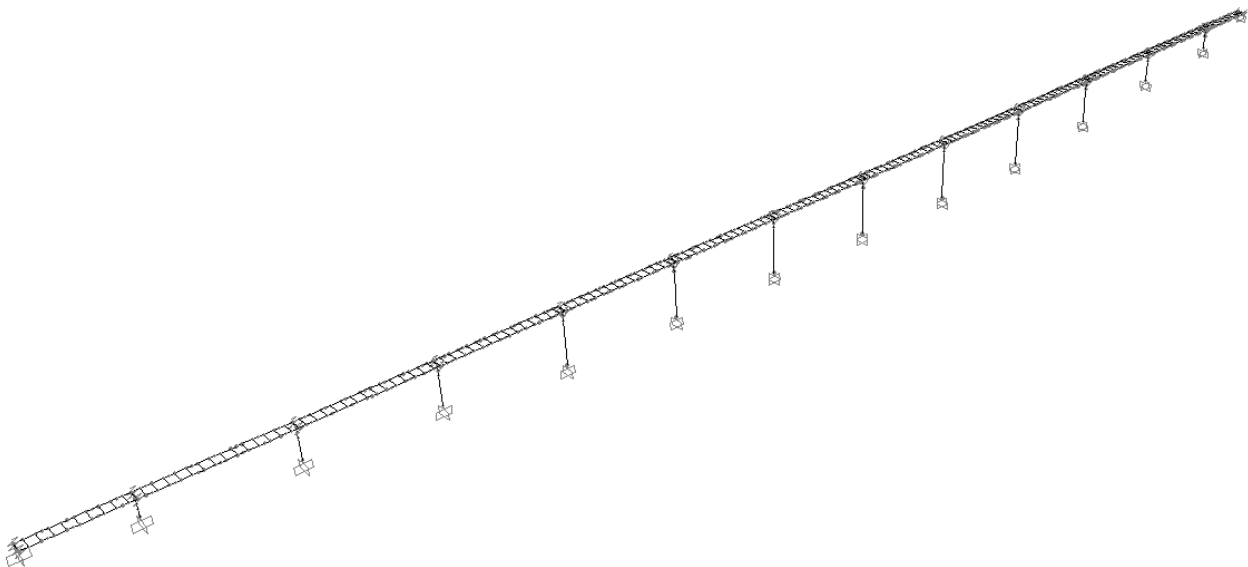


Figura 2-1 - Modello numerico del viadotto.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 14 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

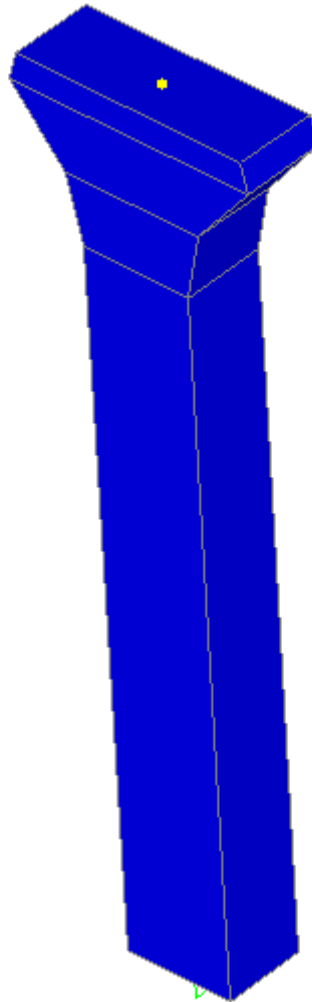


Figura 2-2 - Vista 3D di una delle pile del viadotto.

2.1.1 Calcolo della rigidità effettiva delle pile

La rigidità delle pile tiene in conto l'effettivo grado di fessurazione che queste raggiungono durante l'evento sismico. In luogo della rigidità flessionale non-fessurata delle sezioni delle pile viene adottata una *rigidità 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).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 15 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

2.2 Analisi dei carichi

2.2.1 Peso Proprio (g1)

Il peso proprio della carpenteria metallica dell'impalcato è stato valutato automaticamente dal codice di calcolo impiegato per l'analisi sulla base dell'effettiva geometria delle membrature e sulla base di un peso specifico dell'acciaio pari a 78.5 kN/m^3 .

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

A	=	3.94	mq	area sezione trasversale soletta
γ	=	25	kN/m^3	peso specifico calcestruzzo
n	=	2.00		numero travi
g_{soletta}	=	49.25	kN/m	peso soletta su ciascuna trave (cordoli esclusi)
$g_{\text{c,sx}}$	=	3.19	kN/m	peso cordolo sx
$g_{\text{c,dx}}$	=	6.38	kN/m	peso cordolo dx
$g_{1.2,\text{sx}}$	=	52.44	kN/m	peso soletta + cordolo su trave sx
$g_{1.2,\text{dx}}$	=	55.63	kN/m	peso soletta + cordolo su trave dx

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

2.2.2 Permanenti portati su impalcato (g2)

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

- Pavimentazione $3000 \times 10.5 = 31500 \text{ kN/m}$
- Guard-rail, reti, parapetti = 2 kN/m

2.2.3 Effetti del ritiro (e2)

La deformazione di ritiro $\varepsilon(t, t_0)$ è pari a (cfr. relazione di calcolo dell'impalcato):

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000337$$

Gli effetti del ritiro vengono schematizzati mediante delle forze e delle coppie concentrate alle estremità dell'impalcato di intensità pari a:

$$N_r = \varepsilon_{sh} \times E_s / n_{f2b} \times b_{\text{eff}} \times t_{\text{cls}} \quad (\text{sforzo normale})$$

$$M_r = N_r \times e \quad (\text{coppia})$$

dove con "e" si è indicata l'eccentricità fra il baricentro della soletta ed il baricentro della sezione composta omogeneizzata.

2.2.4 Effetti della temperatura (e3)

Ai fini della valutazione degli effetti delle variazioni termiche sulle sottostrutture è stata assunto un gradiente termico tra soletta e travi metalliche pari a:

$$\Delta T = \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

La coazione prodotta dal gradiente termico si traduce, nel caso di gradiente termico positivo (soletta a temperatura maggiore di quella della trave metallica), in uno sforzo di compressione agente sulla sola soletta di calcestruzzo che si aggiunge ad una tenso-flessione agente, invece, sull'intera sezione composta acciaio-calcestruzzo. Quest'ultima è stata implementata nel modello di calcolo attraverso delle forze longitudinali e delle coppie concentrate alle estremità delle due travi.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 16 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

2.2.5 Carichi mobili (q1)

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

Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile pari a 10.5 m, 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 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e m. 2.00 in direzione trasversale
- Carico uniformemente ripartito di intensità 9.0 kPa su una larghezza di 3.00m

Corsia di carico n. 2 costituita da:

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

Corsia di carico n. 3 costituita da:

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

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

- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza residua di impalcato pari a $(10.50-3.00 \times 3) = 1.5$ m

Le stese dei carichi mobili prima definite sono state poste sull'impalcato nelle posizioni tali da produrre le sollecitazioni e le deformazioni più gravose, sia nelle membrature dell'impalcato sia nelle sottostrutture. La ricerca delle disposizioni sia longitudinali che trasversali dei carichi mobili più gravose è stata effettuata in maniera automatica dal codice di calcolo impiegato per l'analisi dell'impalcato. Infatti, il programma di calcolo "SAP 2000" 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).

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 zione 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:

$$180 \text{ kN} \leq Q_3 = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.1 \times q_{1k} \times w_1 \times L = 2520 \leq 900 \text{ kN}$$

w_1	=	3.00	m	larghezza corsie convenzionali
Q_{1k}	=	300	kN	singolo asse Q1k
q_{1k}	=	9	kPa	carico uniformemente distribuito
L	=	800	m	lunghezza del viadotto
Q_3	=	900	kN	forza di frenatura (accelerazione) sull'intero viadotto

Tale azione viene ripartita sui n. 26 apparecchi di appoggio dell'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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 17 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

2.2.8 Forza centrifuga (q4)

Essendo il raggio di curvatura pari a circa $R=1900$ m, tale azione viene trascurata.

2.2.9 Azione del vento (q5)

Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo dell'azione del vento sull'impalcato e sulle pile.

zona	=	4	Sicilia
$v_{b,0}$	=	28	m/s
a_0	=	500	m
k_a	=	0.02	1/s
a_s	=	516	m altitudine del sito
v_b	=	28.32	m/s velocità di riferimento
ρ	=	1.25	kg/m ³ densità dell'aria
q_b	=	0.501	kN/m ² pressione cinetica di riferimento
	=	D	classe di rugosità del terreno
c_t	=	1.2	coefficiente di topografia
	=	II	categoria di esposizione del sito
k_r	=	0.19	
z_0	=	0.05	m
z_{min}	=	4.00	m
z	=	35.00	m altezza sul suolo
c_e	=	4.22	coefficiente di esposizione
c_p	=	1	coefficiente di forma
c_d	=	1	coefficiente dinamico
Vento su impalcato			
p	=	2.5	kN/m ² pressione del vento
H_{vc}	=	3.00	m altezza veicolo convenzionale
H_{imp}	=	3.25	m altezza impalcato
H_{vento}	=	6.25	m altezza superficie di spinta
F_{vento}	=	18.75	kN/m azione del vento su impalcato
Vento su pile			
B	=	3	m larghezza pila
$q_{5,pile}$	=	7.5	kN/m azione del vento trasversale su 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 SLV. Sebbene i dispositivi sismici di cui si prevede l'impiego garantiscano uno smorzamento superiore al 15%, nelle analisi eseguite, conformemente a quanto prescritto in normativa, è stato considerato uno smorzamento pari al 10 %.

Gli spettri considerati sono caratterizzati dai seguenti parametri:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 18 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

$V_N = 50$ anni vita nominale dell'opera
 $C_U = 2$ coefficiente d'uso
 $V_R = 100$ anni periodo di riferimento

Categoria di suolo = B

$a_g = 0.083$ g accelerazione orizzontale massima
 $F_0 = 2.661$ fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
 $F_v = 1.035$ fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale
 $T_C^* = 0.504$ s periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

$S_S = 1.20$ coefficiente di amplificazione stratigrafica
 $S_T = 1$ coefficiente di amplificazione topografica
 $C_c = 1.262$ coefficiente funzione della categoria di sottosuolo
 $S = 1.200$ coefficiente funzione della categoria di suolo e della topografia
 $T_B = 0.212$ s parametro dello spettro
 $T_C = 0.64$ s parametro dello spettro
 $T_D = 1.93$ s parametro dello spettro
 $\xi = 10$ % coefficiente di smorzamento viscoso convenzionale

Nella seguente figura si rappresentano, rispettivamente a tratto continuo e a tratto discontinuo, lo spettro elastico orizzontale e verticale.

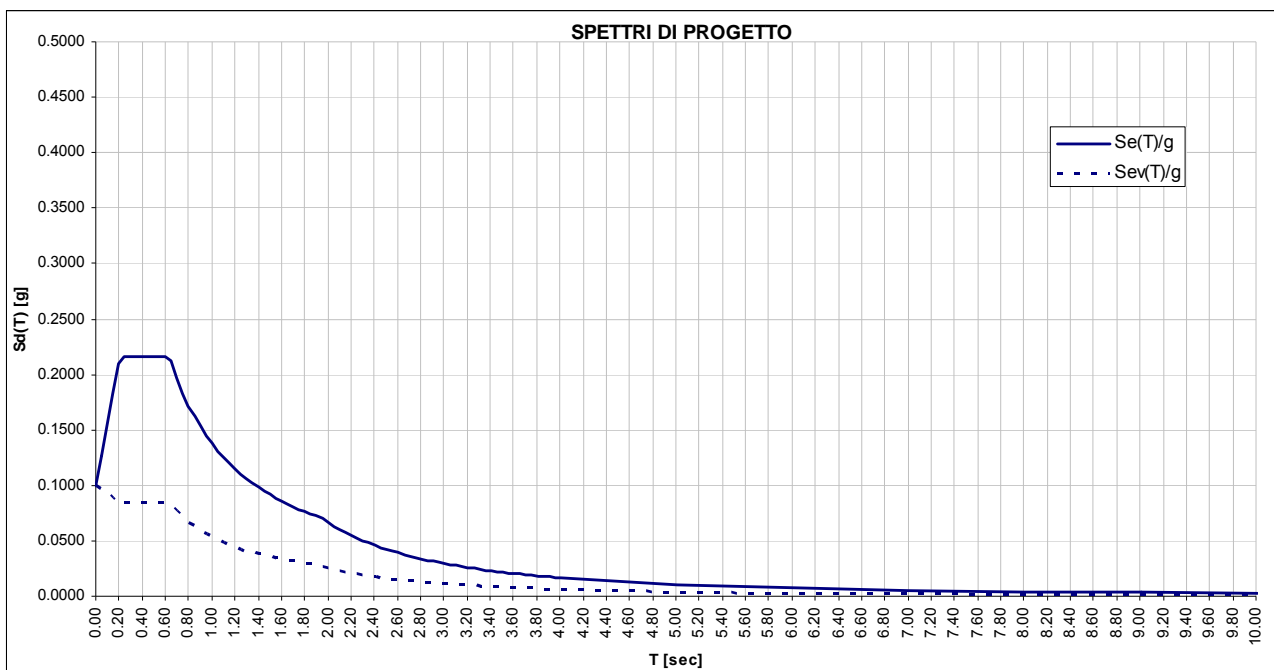


Figura 2-3 - Spettri elastici allo SLV.

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 $2500 \text{ kg}_m/\text{m}^3$).

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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 19 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.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 pari a:

g1.1	=	25.5 kN/m	peso carpenteria metallica
g1.2	=	100 kN/m	peso soletta
g2	=	30.25 kN/m	peso permanenti portati
G	=	155.75 kN/m	carichi permanenti impalcato
M	=	15.88 t _m /m	massa

Sono stati considerati n. 150 modi di vibrare. Tale numero è risultato sufficiente ad eccitare in ciascuna delle tre direzioni del sisma una massa superiore allo 85% della massa totale.

Le tre componenti dell'azione sismica sono state combinate come di seguito:

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

dove:

E_x = componente longitudinale;

E_y = componente trasversale;

E_z = componente verticale.

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

Tabella 2.1 - Caratteristiche modali.

modo	Periodo s	Frequenza Hz	Pulsazione rad/sec	Autovalore rad ² /sec ²
1	2.998	0.334	2.096	4.394
2	2.814	0.355	2.233	4.986
3	2.466	0.405	2.548	6.491
4	2.023	0.494	3.106	9.645
5	1.624	0.616	3.868	14.961
6	1.212	0.825	5.182	26.855
7	1.202	0.832	5.228	27.327
8	1.154	0.866	5.443	29.622
9	1.152	0.868	5.456	29.772
10	1.096	0.912	5.731	32.845
11	1.058	0.945	5.936	35.241
12	1.013	0.987	6.200	38.443

modo	Periodo	Frequenza	Pulsazione	Autovalore
	s	Hz	rad/sec	rad2/sec2
13	0.997	1.003	6.303	39.724
14	0.983	1.017	6.392	40.860
15	0.951	1.052	6.608	43.667
16	0.905	1.105	6.945	48.228
17	0.875	1.143	7.181	51.565
18	0.867	1.153	7.243	52.467
19	0.817	1.224	7.691	59.155
20	0.803	1.246	7.827	61.259
21	0.779	1.284	8.066	65.057
22	0.755	1.325	8.322	69.262
23	0.726	1.377	8.652	74.864
24	0.699	1.430	8.984	80.708
25	0.668	1.498	9.409	88.529
26	0.611	1.638	10.292	105.920
27	0.579	1.727	10.852	117.770
28	0.558	1.792	11.258	126.750
29	0.537	1.863	11.708	137.070
30	0.512	1.953	12.269	150.540
31	0.473	2.112	13.272	176.160
32	0.473	2.114	13.281	176.380
33	0.470	2.128	13.372	178.800
34	0.441	2.266	14.235	202.640
35	0.418	2.395	15.047	226.410
36	0.403	2.479	15.575	242.580
37	0.403	2.484	15.607	243.580
38	0.397	2.516	15.810	249.950
39	0.368	2.716	17.067	291.290
40	0.366	2.731	17.157	294.380
41	0.364	2.748	17.264	298.050
42	0.360	2.779	17.462	304.920
43	0.356	2.806	17.632	310.890
44	0.353	2.835	17.816	317.400
45	0.344	2.909	18.275	333.970
46	0.335	2.988	18.777	352.560
47	0.327	3.061	19.234	369.930
48	0.321	3.117	19.586	383.620
49	0.314	3.183	19.999	399.950
50	0.309	3.231	20.301	412.140
51	0.299	3.340	20.983	440.280
52	0.297	3.370	21.174	448.340
53	0.297	3.372	21.187	448.900
54	0.276	3.621	22.751	517.590
55	0.264	3.785	23.779	565.450
56	0.260	3.848	24.180	584.660
57	0.248	4.029	25.316	640.890
58	0.241	4.142	26.024	677.250
59	0.215	4.647	29.197	852.450
60	0.211	4.749	29.836	890.200
61	0.207	4.839	30.404	924.410

modo	Periodo	Frequenza	Pulsazione	Autovalore
	s	Hz	rad/sec	rad2/sec2
62	0.204	4.892	30.736	944.670
63	0.204	4.897	30.770	946.790
64	0.199	5.034	31.630	1000.500
65	0.197	5.076	31.894	1017.200
66	0.190	5.271	33.117	1096.700
67	0.183	5.469	34.361	1180.700
68	0.177	5.661	35.567	1265.000
69	0.172	5.811	36.512	1333.100
70	0.171	5.839	36.689	1346.100
71	0.167	5.995	37.667	1418.800
72	0.164	6.109	38.386	1473.500
73	0.162	6.171	38.774	1503.400
74	0.158	6.331	39.780	1582.400
75	0.158	6.347	39.877	1590.200
76	0.157	6.367	40.005	1600.400
77	0.156	6.393	40.170	1613.600
78	0.156	6.409	40.270	1621.700
79	0.155	6.441	40.469	1637.700
80	0.154	6.493	40.798	1664.500
81	0.152	6.575	41.314	1706.800
82	0.152	6.598	41.454	1718.500
83	0.148	6.777	42.578	1812.900
84	0.144	6.939	43.601	1901.100
85	0.143	6.978	43.843	1922.200
86	0.129	7.770	48.821	2383.500
87	0.127	7.846	49.297	2430.200
88	0.113	8.881	55.801	3113.800
89	0.107	9.330	58.624	3436.800
90	0.105	9.556	60.042	3605.100
91	0.104	9.646	60.606	3673.100
92	0.103	9.721	61.076	3730.200
93	0.102	9.757	61.303	3758.000
94	0.102	9.788	61.501	3782.400
95	0.102	9.821	61.706	3807.600
96	0.101	9.915	62.300	3881.200
97	0.100	9.983	62.727	3934.700
98	0.100	10.008	62.879	3953.800
99	0.100	10.027	63.001	3969.200
100	0.099	10.145	63.744	4063.300
101	0.098	10.204	64.115	4110.700
102	0.098	10.204	64.115	4110.700
103	0.097	10.266	64.505	4160.900
104	0.097	10.270	64.530	4164.200
105	0.096	10.385	65.251	4257.600
106	0.095	10.489	65.906	4343.600
107	0.095	10.490	65.908	4343.800
108	0.095	10.543	66.244	4388.300
109	0.095	10.550	66.285	4393.600
110	0.094	10.610	66.667	4444.500

modo	Periodo	Frequenza	Pulsazione	Autovalore
	s	Hz	rad/sec	rad2/sec2
111	0.093	10.780	67.731	4587.500
112	0.093	10.781	67.740	4588.800
113	0.093	10.799	67.850	4603.600
114	0.092	10.828	68.037	4629.000
115	0.091	10.982	69.002	4761.200
116	0.091	11.020	69.241	4794.400
117	0.090	11.110	69.806	4872.900
118	0.090	11.128	69.919	4888.700
119	0.090	11.146	70.035	4905.000
120	0.089	11.182	70.260	4936.500
121	0.089	11.220	70.497	4969.800
122	0.087	11.491	72.202	5213.100
123	0.087	11.505	72.289	5225.700
124	0.081	12.312	77.360	5984.500
125	0.081	12.362	77.671	6032.800
126	0.079	12.587	79.089	6255.100
127	0.078	12.747	80.095	6415.100
128	0.076	13.101	82.315	6775.700
129	0.074	13.535	85.043	7232.300
130	0.073	13.617	85.560	7320.600
131	0.071	14.148	88.895	7902.400
132	0.069	14.460	90.854	8254.400
133	0.068	14.652	92.060	8475.100
134	0.068	14.796	92.967	8642.800
135	0.066	15.079	94.743	8976.200
136	0.066	15.091	94.822	8991.300
137	0.066	15.238	95.742	9166.600
138	0.065	15.359	96.503	9312.700
139	0.065	15.456	97.111	9430.600
140	0.065	15.495	97.357	9478.500
141	0.064	15.621	98.153	9633.900
142	0.064	15.622	98.155	9634.400
143	0.064	15.716	98.745	9750.700
144	0.063	15.784	99.177	9836.000
145	0.063	15.830	99.464	9893.200
146	0.063	15.839	99.517	9903.700
147	0.063	15.858	99.637	9927.500
148	0.063	15.881	99.786	9957.300
149	0.063	15.903	99.925	9984.900
150	0.062	16.095	101.130	10226.000

Figura 2-4 - Prima forma modale (vista in pianta).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 23 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

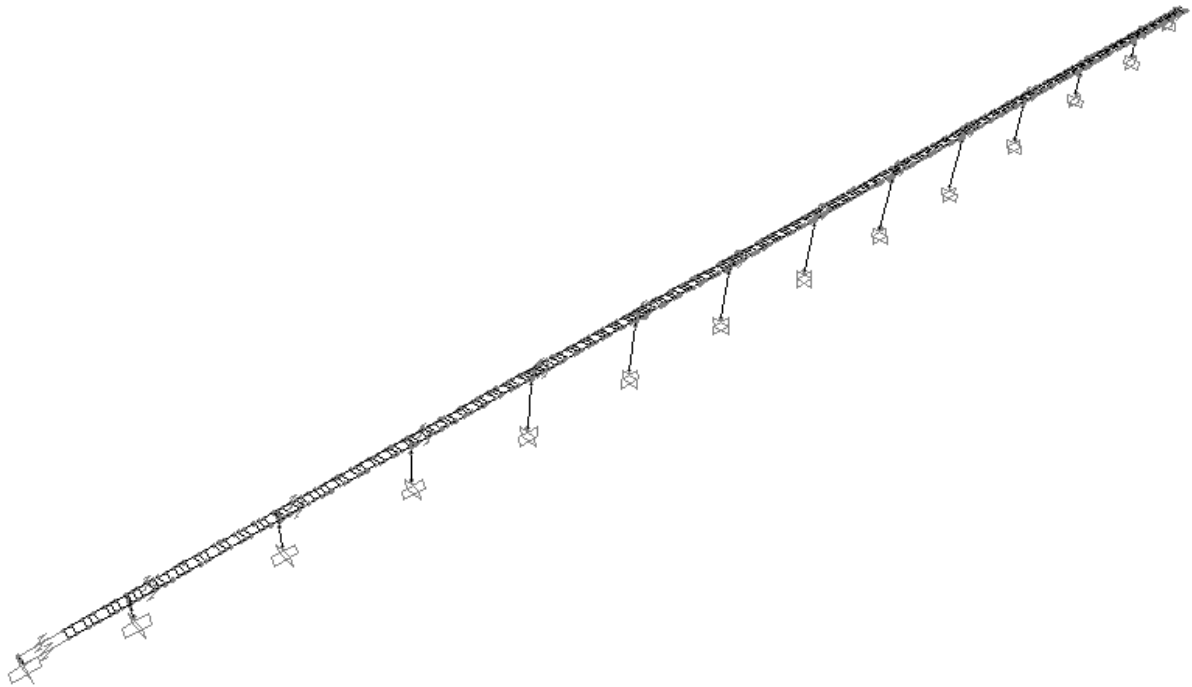


Figura 2-5 - Seconda forma modale.



Figura 2-6 - Terza forma modale (vista in pianta).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 24 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

3 SOLLECITAZIONI NELLE PILE

3.1 Sollecitazioni nelle condizioni di carico elementari

Si riportano al presente paragrafo le azioni in talune delle sezioni maggiormente significative delle pile. Tali azioni sono state determinate attraverso la risoluzione del modello numerico dell'impalcato (illustrato nella relazione di calcolo dello stesso) e del modello numerico globale predisposto per le analisi sismiche illustrato ai paragrafi precedenti.

Le azioni orizzontali (F_x ed F_y) e verticali (F_z) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi di riferimento. Si indicheranno inoltre con M_x i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con M_y (momenti longitudinali) i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse y. I momenti si assumono positivi se di senso antiorario rispetto all'asse-momento cui si riferiscono.

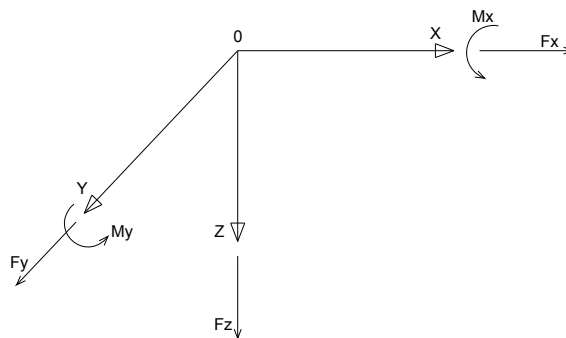


Figura 3.1 - Sistema di riferimento e convenzioni di segno delle azioni.

Nel seguito si indica con:

- g1-pile = peso proprio della pila;
- g1-impalcato = peso proprio dell'impalcato;
- g2 = permanenti portati su impalcato;
- e2 = ritiro;
- e3 = carico termico differenziale su impalcato (± 10 °C);
- q1.1 = carichi mobili – configurazione 1 (massima azione verticale);
- q1.2 = carichi mobili – configurazione 2 (massimo momento trasversale);
- q5-impalcato = vento trasversale su impalcato;
- q5-pile = vento trasversale su pile;
- q6.1 = sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
- q6.2 = 0.3 sisma longitudinale + sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
- q6.3 = 0.3 sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + sisma verticale;
- q7 = resistenza parassita dei vincoli (1% dei carichi permanenti).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 25 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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 elementare. Le convenzioni dei segni e le nomenclature utilizzate sono quelle descritte nel paragrafo precedente.

Tabella 3.3.1 – Sollecitazioni nella sezione di spiccato per le condizioni di carico elementari.

PILA	z (Quota)	TIPO CARICO	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P01	0	g1-impalcato	-8562,22	0,00	0,00	0,00	0,00
P01	0	g1-pile	-3861,79	0,00	0,00	0,00	0,00
P01	0	g2	-1802,76	0,00	0,00	0,00	0,00
P01	0	e2	-462,62	31,87	0,00	0,00	317,39
P01	0	e3	-462,62	31,87	0,00	0,00	317,39
P01	0	q1	-4470,21	0,00	-0,14	3061,91	0,00
P01	0	q1	-3387,55	0,00	-7,43	-9185,17	0,00
P01	0	q3	0,00	89,78	0,00	0,00	894,23
P01	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P01	0	q5-imp	0,00	0,00	-684,21	-6907,88	0,00
P01	0	q5-pile	0,00	0,00	-71,46	-346,85	0,00
P01	0	q6.1	268,80	734,70	95,77	901,00	6575,55
P01	0	q6.2	268,80	220,19	319,55	3006,39	1970,66
P01	0	q6.3	896,92	220,19	95,77	901,00	1970,66
P02	0	g1-impalcato	-9541,98	0,00	0,00	0,00	0,00
P02	0	g1-pile	-6021,40	0,00	0,00	0,00	0,00
P02	0	g2	-2009,05	0,00	0,00	0,00	0,00
P02	0	e2	69,87	23,81	0,00	0,00	408,55
P02	0	e3	69,87	23,81	0,00	0,00	408,55
P02	0	q1	-4883,58	0,00	11,85	-6514,73	0,00
P02	0	q1	-3593,91	0,00	-2,96	-9783,15	0,00
P02	0	q3	0,00	82,50	0,00	0,00	1415,62
P02	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P02	0	q5-imp	0,00	0,00	-880,61	-15127,69	0,00
P02	0	q5-pile	0,00	0,00	-129,98	-1129,73	0,00
P02	0	q6.1	339,97	1044,62	168,08	2449,65	14929,36
P02	0	q6.2	339,97	313,07	560,82	8173,84	4474,24
P02	0	q6.3	1134,40	313,07	168,08	2449,65	4474,24
P03	0	g1-impalcato	-9290,77	0,00	0,00	0,00	0,00
P03	0	g1-pile	-7462,15	0,00	0,00	0,00	0,00
P03	0	g2	-1956,16	0,00	0,00	0,00	0,00
P03	0	e2	-17,93	16,53	0,00	0,00	362,91
P03	0	e3	-17,93	16,53	0,00	0,00	362,91
P03	0	q1	-4936,84	0,00	19,78	-6259,59	0,00
P03	0	q1	-3541,00	0,00	0,59	-9677,10	0,00
P03	0	q3	0,00	74,29	0,00	0,00	1631,48
P03	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P03	0	q5-imp	0,00	0,00	-1000,49	-22096,95	0,00
P03	0	q5-pile	0,00	0,00	-168,54	-1908,35	0,00
P03	0	q6.1	354,23	1052,25	186,68	3524,66	19194,41
P03	0	q6.2	354,23	315,35	622,89	11760,87	5752,45
P03	0	q6.3	1181,96	315,35	186,68	3524,66	5752,45

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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 26 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	z (Quota) m	TIPO CARICO	Fz	Fx	Fz	Mx	My
			KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P04	0	g1-impalcato	-9354,53	0,00	0,00	0,00	0,00
P04	0	g1-pile	-9981,18	0,00	0,00	0,00	0,00
P04	0	g2	-1969,58	0,00	0,00	0,00	0,00
P04	0	e2	4,61	8,85	0,00	0,00	268,76
P04	0	e3	4,61	8,85	0,00	0,00	268,76
P04	0	q1	-4974,46	0,00	-16,17	2242,19	0,00
P04	0	q1	-3503,18	0,00	31,44	-8550,58	0,00
P04	0	q3	0,00	56,59	0,00	0,00	1718,11
P04	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						-	
P04	0	q5-imp	0,00	0,00	-956,00	28839,63	0,00
P04	0	q5-pile	0,00	0,00	-221,60	-3255,33	0,00
P04	0	q6.1	352,68	663,18	166,45	4386,36	17276,19
P04	0	q6.2	352,68	198,75	555,39	14636,11	5177,57
P04	0	q6.3	1176,79	198,75	166,45	4386,36	5177,57
P05	0	g1-impalcato	-9338,68	0,00	0,00	0,00	0,00
						-	
P05	0	g1-pile	10461,86	0,00	0,00	0,00	0,00
P05	0	g2	-1966,24	0,00	0,00	0,00	0,00
P05	0	e2	-1,16	4,82	0,00	0,00	153,93
P05	0	e3	-1,16	4,82	0,00	0,00	153,93
P05	0	q1	-4978,70	0,00	-21,12	2580,40	0,00
P05	0	q1	-3485,43	0,00	25,87	-8717,87	0,00
P05	0	q3	0,00	53,21	0,00	0,00	1700,56
P05	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						-	
P05	0	q5-imp	0,00	0,00	-992,59	31688,80	0,00
P05	0	q5-pile	0,00	0,00	-234,46	-3661,05	0,00
P05	0	q6.1	350,00	588,87	150,13	4198,23	16324,02
P05	0	q6.2	350,00	176,48	500,94	14008,37	4892,21
P05	0	q6.3	1167,84	176,48	150,13	4198,23	4892,21
P06	0	g1-impalcato	-9342,43	0,00	0,00	0,00	0,00
						-	
P06	0	g1-pile	10701,66	0,00	0,00	0,00	0,00
P06	0	g2	-1967,03	0,00	0,00	0,00	0,00
P06	0	e2	0,23	1,27	0,00	0,00	41,69
P06	0	e3	0,23	1,27	0,00	0,00	41,69
P06	0	q1	-4980,95	0,00	-20,62	2579,45	0,00
P06	0	q1	-3484,96	0,00	20,45	-8875,48	0,00
P06	0	q3	0,00	51,55	0,00	0,00	1688,80
P06	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						-	
P06	0	q5-imp	0,00	0,00	-1017,61	33326,50	0,00
P06	0	q5-pile	0,00	0,00	-241,95	-3902,33	0,00
P06	0	q6.1	348,95	553,46	142,00	4074,38	15830,50
P06	0	q6.2	348,95	165,87	473,82	13595,12	4744,31
P06	0	q6.3	1164,36	165,87	142,00	4074,38	4744,31

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 27 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	z (Quota)	TIPO CARICO	Fz	Fx	Fz	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P07	0	g1-impalcato	-9342,43	0,00	0,00	0,00	0,00
			-				
P07	0	g1-pile	11061,64	0,00	0,00	0,00	0,00
P07	0	g2	-1967,03	0,00	0,00	0,00	0,00
P07	0	e2	0,23	-2,02	0,00	0,00	-68,57
P07	0	e3	0,23	-2,02	0,00	0,00	-68,57
P07	0	q1	-4980,85	0,00	-22,12	2501,22	0,00
P07	0	q1	-3484,54	0,00	24,73	-8697,64	0,00
P07	0	q3	0,00	49,10	0,00	0,00	1667,41
P07	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			-				
P07	0	q5-imp	0,00	0,00	-1000,16	33938,27	0,00
P07	0	q5-pile	0,00	0,00	-248,78	-4122,53	0,00
P07	0	q6.1	351,30	505,77	133,63	3984,37	15151,54
P07	0	q6.2	351,30	151,58	445,89	13294,79	4540,83
P07	0	q6.3	1172,21	151,58	133,63	3984,37	4540,83
P08	0	g1-impalcato	-9338,63	0,00	0,00	0,00	0,00
			-				
P08	0	g1-pile	11421,87	0,00	0,00	0,00	0,00
P08	0	g2	-1966,23	0,00	0,00	0,00	0,00
P08	0	e2	-1,16	-5,00	0,00	0,00	-175,62
P08	0	e3	-1,16	-5,00	0,00	0,00	-175,62
P08	0	q1	-4978,44	0,00	-19,03	2065,95	0,00
P08	0	q1	-3482,41	0,00	36,11	-8257,44	0,00
P08	0	q3	0,00	46,71	0,00	0,00	1642,29
P08	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			-				
P08	0	q5-imp	0,00	0,00	-949,09	33313,14	0,00
P08	0	q5-pile	0,00	0,00	-252,80	-4248,09	0,00
P08	0	q6.1	356,41	466,01	128,34	3978,13	14593,21
P08	0	q6.2	356,41	139,66	428,24	13273,95	4373,50
P08	0	q6.3	1189,24	139,66	128,34	3978,13	4373,50
P09	0	g1-impalcato	-9354,76	0,00	0,00	0,00	0,00
			-				
P09	0	g1-pile	11421,27	0,00	0,00	0,00	0,00
P09	0	g2	-1969,63	0,00	0,00	0,00	0,00
P09	0	e2	4,60	-8,07	0,00	0,00	-283,75
P09	0	e3	4,60	-8,07	0,00	0,00	-283,75
P09	0	q1	-4974,13	0,00	-26,81	2299,98	0,00
P09	0	q1	-3490,06	0,00	46,79	-7852,49	0,00
P09	0	q3	0,00	46,70	0,00	0,00	1641,97
P09	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			-				
P09	0	q5-imp	0,00	0,00	-894,67	31262,39	0,00
P09	0	q5-pile	0,00	0,00	-249,48	-4115,05	0,00
P09	0	q6.1	362,10	465,93	132,22	4098,88	14590,41
P09	0	q6.2	362,10	139,64	441,17	13676,88	4372,66
P09	0	q6.3	1208,21	139,64	132,22	4098,88	4372,66

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 28 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	z (Quota)	TIPO CARICO	Fz	Fx	Fz	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P10	0	g1-impalcato	-9290,21	0,00	0,00	0,00	0,00
P10	0	g1-pile	-9261,80	0,00	0,00	0,00	0,00
P10	0	g2	-1956,04	0,00	0,00	0,00	0,00
P10	0	e2	-17,91	-14,75	0,00	0,00	-412,51
P10	0	e3	-17,91	-14,75	0,00	0,00	-412,51
P10	0	q1	-4936,31	0,00	36,19	-5621,32	0,00
P10	0	q1	-3491,83	0,00	17,98	-9036,53	0,00
P10	0	q3	0,00	61,79	0,00	0,00	1727,55
P10	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						-	
P10	0	q5-imp	0,00	0,00	-959,78	26804,03	0,00
P10	0	q5-pile	0,00	0,00	-210,23	-2948,47	0,00
P10	0	q6.1	361,30	781,23	188,72	4537,43	18513,21
P10	0	q6.2	361,30	234,13	629,71	15140,20	5548,30
P10	0	q6.3	1205,55	234,13	188,72	4537,43	5548,30
P11	0	g1-impalcato	-9542,84	0,00	0,00	0,00	0,00
P11	0	g1-pile	-6741,96	0,00	0,00	0,00	0,00
P11	0	g2	-2009,23	0,00	0,00	0,00	0,00
P11	0	e2	69,82	-24,00	0,00	0,00	-469,40
P11	0	e3	69,82	-24,00	0,00	0,00	-469,40
P11	0	q1	-4883,55	0,00	-6,08	3180,30	0,00
P11	0	q1	-3581,21	0,00	-6,36	-9864,62	0,00
P11	0	q3	0,00	78,71	0,00	0,00	1539,53
P11	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						-	
P11	0	q5-imp	0,00	0,00	-916,72	18074,33	0,00
P11	0	q5-pile	0,00	0,00	-152,41	-1562,17	0,00
P11	0	q6.1	341,86	1060,99	174,05	2913,20	17255,12
P11	0	q6.2	341,86	317,97	580,75	9720,56	5171,26
P11	0	q6.3	1140,71	317,97	174,05	2913,20	5171,26
P12	0	g1-impalcato	-8561,31	0,00	0,00	0,00	0,00
P12	0	g1-pile	-5301,26	0,00	0,00	0,00	0,00
P12	0	g2	-1802,57	0,00	0,00	0,00	0,00
P12	0	e2	-462,56	-31,80	0,00	0,00	-469,31
P12	0	e3	-462,56	-31,80	0,00	0,00	-469,31
P12	0	q1	-4469,69	0,00	6,59	-6044,82	0,00
P12	0	q1	-3290,26	0,00	-7,40	-9029,38	0,00
P12	0	q3	0,00	85,66	0,00	0,00	1264,36
P12	0	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						-	
P12	0	q5-imp	0,00	0,00	-702,34	10395,02	0,00
P12	0	q5-pile	0,00	0,00	-109,82	-807,97	0,00
P12	0	q6.1	271,81	1003,60	144,37	1810,15	12392,17
P12	0	q6.2	271,81	300,77	481,71	6039,98	3713,86
P12	0	q6.3	906,96	300,77	144,37	1810,15	3713,86

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 29 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

3.1.2 Sollecitazioni nella sezione posta a 10.50 m dall'estradosso plinto

In questo sottoparagrafo, sempre con riferimento alle condizioni di carico elementari, si riportano le tabelle con le sollecitazioni nella sezione della generica pila posta a quota 10.50 m dall'estradosso plinto. Ovviamente in queste tabelle sono escluse le pile con altezza inferiore a 10,5 m.

Tabella 3.2 - Sollecitazioni nella sezione a quota 10.5 m dall'estradosso plinto per le condizioni di carico elementari.

PILA	z (Quota) m	TIPO CARICO	Fz	Fx	Fy	Mx	My
			KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P02	10,5	g1-impalcato	-9541,98	0,00	0,00	0,00	0,00
P02	10,5	g1-pile	-2928,67	0,00	0,00	0,00	0,00
P02	10,5	g2	-2009,05	0,00	0,00	0,00	0,00
P02	10,5	e2	69,87	23,81	0,00	0,00	163,11
P02	10,5	e3	69,87	23,81	0,00	0,00	163,11
P02	10,5	q1	-3663,79	0,00	3,63	-9765,13	0,00
P02	10,5	q1	-4883,58	0,00	11,85	-6636,88	0,00
P02	10,5	q3	0,00	82,50	0,00	0,00	565,17
P02	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P02	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-880,61	-6049,36	0,00
P02	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-52,67	-188,26	0,00
P02	10,5	q6.1	339,97	1044,62	168,08	758,22	4408,54
P02	10,5	q6.2	339,97	313,07	560,82	2529,97	1321,21
P02	10,5	q6.3	1134,40	313,07	168,08	758,22	1321,21
P03	10,5	g1-impalcato	-9290,77	0,00	0,00	0,00	0,00
P03	10,5	g1-pile	-4390,90	0,00	0,00	0,00	0,00
P03	10,5	g2	-1956,16	0,00	0,00	0,00	0,00
P03	10,5	e2	-17,93	16,53	0,00	0,00	193,73
P03	10,5	e3	-17,93	16,53	0,00	0,00	193,73
P03	10,5	q1	-3578,35	0,00	2,23	-9699,14	0,00
P03	10,5	q1	-4936,84	0,00	19,78	-6462,05	0,00
P03	10,5	q3	0,00	74,29	0,00	0,00	870,90
P03	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P03	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-1000,49	-11854,41	0,00
P03	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-91,76	-575,95	0,00
P03	10,5	q6.1	354,23	1052,25	186,68	1635,79	8547,75
P03	10,5	q6.2	354,23	315,35	622,89	5458,21	2561,71
P03	10,5	q6.3	1181,96	315,35	186,68	1635,79	2561,71
P04	10,5	g1-impalcato	-9354,53	0,00	0,00	0,00	0,00
P04	10,5	g1-pile	-6831,18	0,00	0,00	0,00	0,00
P04	10,5	g2	-1969,58	0,00	0,00	0,00	0,00
P04	10,5	e2	4,61	8,85	0,00	0,00	175,81
P04	10,5	e3	4,61	8,85	0,00	0,00	175,81
P04	10,5	q1	-3549,69	0,00	34,98	-8898,05	0,00
P04	10,5	q1	-4974,46	0,00	-16,17	2412,03	0,00
P04	10,5	q3	0,00	56,59	0,00	0,00	1123,90
P04	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P04	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-956,00	-18801,64	0,00
P04	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-142,85	-1341,99	0,00
P04	10,5	q6.1	352,68	663,18	166,45	2645,48	10376,98
P04	10,5	q6.2	352,68	198,75	555,39	8827,26	3109,92

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 30 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	z (Quota)	TIPO CARICO	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P04	10,5	q6.3	1176,79	198,75	166,45	2645,48	3109,92
P05	10,5	g1-impalcato	-9338,68	0,00	0,00	0,00	0,00
P05	10,5	g1-pile	-7360,32	0,00	0,00	0,00	0,00
P05	10,5	g2	-1966,24	0,00	0,00	0,00	0,00
P05	10,5	e2	-1,16	4,82	0,00	0,00	104,14
P05	10,5	e3	-1,16	4,82	0,00	0,00	104,14
P05	10,5	q1	-3504,09	0,00	26,17	-8988,22	0,00
P05	10,5	q1	-4978,70	0,00	-21,12	2798,69	0,00
P05	10,5	q3	0,00	53,21	0,00	0,00	1150,46
P05	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P05	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-992,59	-21427,00	0,00
P05	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-156,92	-1637,95	0,00
P05	10,5	q6.1	350,00	588,87	150,13	2652,52	10289,14
P05	10,5	q6.2	350,00	176,48	500,94	8850,76	3083,60
P05	10,5	q6.3	1167,84	176,48	150,13	2652,52	3083,60
P06	10,5	g1-impalcato	-9342,43	0,00	0,00	0,00	0,00
P06	10,5	g1-pile	-7563,55	0,00	0,00	0,00	0,00
P06	10,5	g2	-1967,03	0,00	0,00	0,00	0,00
P06	10,5	e2	0,23	1,27	0,00	0,00	28,38
P06	10,5	e3	0,23	1,27	0,00	0,00	28,38
P06	10,5	q1	-3504,80	0,00	20,73	-9092,90	0,00
P06	10,5	q1	-4980,95	0,00	-20,62	2795,12	0,00
P06	10,5	q3	0,00	51,55	0,00	0,00	1149,56
P06	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P06	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-1017,61	-22681,95	0,00
P06	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-163,49	-1781,81	0,00
P06	10,5	q6.1	348,95	553,46	142,00	2595,61	10089,76
P06	10,5	q6.2	348,95	165,87	473,82	8660,85	3023,84
P06	10,5	q6.3	1164,36	165,87	142,00	2595,61	3023,84
P07	10,5	g1-impalcato	-9342,43	0,00	0,00	0,00	0,00
P07	10,5	g1-pile	-7956,64	0,00	0,00	0,00	0,00
P07	10,5	g2	-1967,03	0,00	0,00	0,00	0,00
P07	10,5	e2	0,23	-2,02	0,00	0,00	-47,67
P07	10,5	e3	0,23	-2,02	0,00	0,00	-47,67
P07	10,5	q1	-3503,18	0,00	25,02	-8957,46	0,00
P07	10,5	q1	-4980,85	0,00	-22,12	2730,11	0,00
P07	10,5	q3	0,00	49,10	0,00	0,00	1159,23
P07	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P07	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-1000,16	-23586,65	0,00
P07	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-171,15	-1949,41	0,00
P07	10,5	q6.1	351,30	505,77	133,63	2607,23	9956,25
P07	10,5	q6.2	351,30	151,58	445,89	8699,65	2983,83
P07	10,5	q6.3	1172,21	151,58	133,63	2607,23	2983,83
P08	10,5	g1-impalcato	-9338,63	0,00	0,00	0,00	0,00
P08	10,5	g1-pile	-8293,59	0,00	0,00	0,00	0,00
P08	10,5	g2	-1966,23	0,00	0,00	0,00	0,00
P08	10,5	e2	-1,16	-5,00	0,00	0,00	-123,54
P08	10,5	e3	-1,16	-5,00	0,00	0,00	-123,54
P08	10,5	q1	-3501,29	0,00	36,42	-8638,58	0,00

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 31 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	z (Quota)	TIPO CARICO	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P08	10,5	q1	-4978,44	0,00	-19,03	2264,39	0,00
P08	10,5	q3	0,00	46,71	0,00	0,00	1155,23
P08	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P08	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-949,09	-23416,40	0,00
P08	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-174,59	-2019,77	0,00
P08	10,5	q6.1	356,41	466,01	128,34	2645,06	9765,00
P08	10,5	q6.2	356,41	139,66	428,24	8825,86	2926,52
P08	10,5	q6.3	1189,24	139,66	128,34	2645,06	2926,52
P09	10,5	g1-impalcato	-9354,76	0,00	0,00	0,00	0,00
P09	10,5	g1-pile	-8293,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P09	10,5	g2	-1969,63	0,00	0,00	0,00	0,00
P09	10,5	e2	4,60	-8,07	0,00	0,00	-199,60
P09	10,5	e3	4,60	-8,07	0,00	0,00	-199,60
P09	10,5	q1	-3522,72	0,00	49,48	-8346,94	0,00
P09	10,5	q1	-4974,13	0,00	-26,81	2579,55	0,00
P09	10,5	q3	0,00	46,70	0,00	0,00	1155,00
P09	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P09	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-894,67	-21933,18	0,00
P09	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-171,27	-1921,37	0,00
P09	10,5	q6.1	362,10	465,93	132,22	2724,18	9763,07
P09	10,5	q6.2	362,10	139,64	441,17	9089,86	2925,94
P09	10,5	q6.3	1208,21	139,64	132,22	2724,18	2925,94
P10	10,5	g1-impalcato	-9290,21	0,00	0,00	0,00	0,00
P10	10,5	g1-pile	-6169,07	0,00	0,00	0,00	0,00
P10	10,5	g2	-1956,04	0,00	0,00	0,00	0,00
P10	10,5	e2	-17,91	-14,75	0,00	0,00	-260,42
P10	10,5	e3	-17,91	-14,75	0,00	0,00	-260,42
P10	10,5	q1	-3538,76	0,00	21,41	-9249,46	0,00
P10	10,5	q1	-4936,31	0,00	36,19	-5994,44	0,00
P10	10,5	q3	0,00	61,79	0,00	0,00	1090,59
P10	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P10	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-959,78	-16909,59	0,00
P10	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-132,91	-1179,74	0,00
P10	10,5	q6.1	361,30	781,23	188,72	2600,98	10535,34
P10	10,5	q6.2	361,30	234,13	629,71	8678,77	3157,38
P10	10,5	q6.3	1205,55	234,13	188,72	2600,98	3157,38
P11	10,5	g1-impalcato	-9542,84	0,00	0,00	0,00	0,00
P11	10,5	g1-pile	-3661,96	0,00	0,00	0,00	0,00
P11	10,5	g2	-2009,23	0,00	0,00	0,00	0,00
P11	10,5	e2	69,82	-24,00	0,00	0,00	-223,02
P11	10,5	e3	69,82	-24,00	0,00	0,00	-223,02
P11	10,5	q1	-3595,58	0,00	-5,92	-9802,12	0,00
P11	10,5	q1	-4883,55	0,00	-6,08	3242,74	0,00
P11	10,5	q3	0,00	78,71	0,00	0,00	731,46
P11	10,5	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P11	10,5	q5-imp	0,00	0,00	-916,72	-8662,71	0,00
P11	10,5	q5-pile	0,00	0,00	-75,41	-392,70	0,00
P11	10,5	q6.1	341,86	1060,99	174,05	1158,53	6528,34
P11	10,5	q6.2	341,86	317,97	580,75	3865,71	1956,51

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 32 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	z (Quota) m	TIPO CARICO	Fz	Fx	Fy	Mx	My
			KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P11	10,5	q6.3	1140,71	317,97	174,05	1158,53	1956,51

3.2 Sollecitazioni nelle combinazioni di carico

Per risalire alle sollecitazioni di progetto per le pile in esame sono state utilizzate un totale di quattordici combinazioni di carico. In particolare, undici riferite allo stato limite ultimo e tre riferite alla combinazione sismica. Le combinazioni di carico sono ottenute con la seguente matrice dei coefficienti applicata alle condizioni di carico elementari:

Tabella 3.3 – Matrice delle combinazioni di carico

MATRICE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO														
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLV1	SLV2	SLV3
g1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1	1	1
g1-pile	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1	1	1
g2	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1	1	1
e2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0
e3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0
q1.1	0	1,35	0	1,01	0	1,01	0	1,01	0,00	1,01	0,00	0,2	0,2	0,2
q1.2	0	0	1,35	0	1,01	0	1,01	0	1,01	0	1,01	0	0	0
q3	0	0	0	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4	0	0	0	0	0	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0
q5-im	0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,5	1,5	-1,5	-1,5	0	0	0
q5-pil	0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,5	1,5	-1,5	-1,5	0	0	0
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

3.2.1 Sollecitazioni nella sezione di base delle pile

In questa sezione riportiamo le sollecitazioni reletive alle diverse combinazioni di carico con riferimento alla sezione di spiccato.

Tabella 3.3.4 – Sollecitazioni nella sezione di spiccato per le combinazioni di carico considerate.

PILA	Z	Comb. Carico	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P01	0	SLU-1	-20316	76	0	0	762
P01	0	SLU-2	-26351	76	-680	-2396	762
P01	0	SLU-3	-24890	76	-690	-18929	762
P01	0	SLU-4	-24842	211	-680	-3429	2103
P01	0	SLU-5	-23746	211	-688	-15829	2103
P01	0	SLU-6	-24842	76	-680	-3429	762
P01	0	SLU-7	-23746	76	-688	-15829	762
P01	0	SLU-8	-24842	76	-1134	-7782	762
P01	0	SLU-9	-23746	76	-1141	-20182	762
P01	0	SLU-10	-24842	76	1133	13982	762
P01	0	SLU-11	-23746	76	1126	1582	762

PILA	Z	Comb. Carico	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P01	0	SLV-1	-14852	735	96	1513	6576
P01	0	SLV-2	-14852	220	320	3619	1971
P01	0	SLV-3	-14224	220	96	1513	1971
P02	0	SLU-1	-23555	57	0	0	981
P02	0	SLU-2	-30148	57	-894	-23427	981
P02	0	SLU-3	-28407	57	-914	-27839	981
P02	0	SLU-4	-28500	181	-898	-21228	3104
P02	0	SLU-5	-27194	181	-913	-24537	3104
P02	0	SLU-6	-28500	57	-898	-21228	981
P02	0	SLU-7	-27194	57	-913	-24537	981
P02	0	SLU-8	-28500	57	-1504	-30982	981
P02	0	SLU-9	-27194	57	-1519	-34292	981
P02	0	SLU-10	-28500	57	1528	17790	981
P02	0	SLU-11	-27194	57	1513	14481	981
P02	0	SLV-1	-18209	1045	170	1147	14929
P02	0	SLV-2	-18209	313	563	6871	4474
P02	0	SLV-3	-17415	313	170	1147	4474
P03	0	SLU-1	-25300	40	0	0	871
P03	0	SLU-2	-31965	40	-1025	-30055	871
P03	0	SLU-3	-30081	40	-1051	-34669	871
P03	0	SLU-4	-30299	151	-1032	-27943	3318
P03	0	SLU-5	-28886	151	-1052	-31403	3318
P03	0	SLU-6	-30299	40	-1032	-27943	871
P03	0	SLU-7	-28886	40	-1052	-31403	871
P03	0	SLU-8	-30299	40	-1734	-42346	871
P03	0	SLU-9	-28886	40	-1753	-45806	871
P03	0	SLU-10	-30299	40	1774	29670	871
P03	0	SLU-11	-28886	40	1754	26210	871
P03	0	SLV-1	-19342	1052	191	2273	19194
P03	0	SLV-2	-19342	315	627	10509	5752
P03	0	SLV-3	-18514	315	191	2273	5752
P04	0	SLU-1	-28751	21	0	0	645
P04	0	SLU-2	-35467	21	-1082	-25859	645
P04	0	SLU-3	-33480	21	-1017	-40429	645
P04	0	SLU-4	-33788	106	-1076	-26615	3222
P04	0	SLU-5	-32298	106	-1028	-37543	3222
P04	0	SLU-6	-33788	21	-1076	-26615	645
P04	0	SLU-7	-32298	21	-1028	-37543	645
P04	0	SLU-8	-33788	21	-1783	-45872	645
P04	0	SLU-9	-32298	21	-1735	-56800	645
P04	0	SLU-10	-33788	21	1750	50413	645
P04	0	SLU-11	-32298	21	1798	39485	645
P04	0	SLV-1	-21947	663	163	4835	17276
P04	0	SLV-2	-21947	199	552	15085	5178
P04	0	SLV-3	-21123	199	163	4835	5178
P05	0	SLU-1	-29388	12	0	0	369
P05	0	SLU-2	-36109	12	-1133	-28331	369
P05	0	SLU-3	-34093	12	-1069	-43584	369

PILA	Z	Comb. Carico	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P05	0	SLU-4	-34429	91	-1126	-29202	2920
P05	0	SLU-5	-32917	91	-1078	-40642	2920
P05	0	SLU-6	-34429	12	-1126	-29202	369
P05	0	SLU-7	-32917	12	-1078	-40642	369
P05	0	SLU-8	-34429	12	-1862	-50412	369
P05	0	SLU-9	-32917	12	-1814	-61852	369
P05	0	SLU-10	-34429	12	1819	55637	369
P05	0	SLU-11	-32917	12	1867	44198	369
P05	0	SLV-1	-22413	589	146	4714	16324
P05	0	SLV-2	-22413	176	497	14524	4892
P05	0	SLV-3	-21595	176	146	4714	4892
P06	0	SLU-1	-29714	3	0	0	100
P06	0	SLU-2	-36439	3	-1161	-30024	100
P06	0	SLU-3	-34419	3	-1106	-45488	100
P06	0	SLU-4	-34758	80	-1154	-30894	2633
P06	0	SLU-5	-33243	80	-1113	-42492	2633
P06	0	SLU-6	-34758	3	-1154	-30894	100
P06	0	SLU-7	-33243	3	-1113	-42492	100
P06	0	SLU-8	-34758	3	-1910	-53232	100
P06	0	SLU-9	-33243	3	-1869	-64830	100
P06	0	SLU-10	-34758	3	1868	58455	100
P06	0	SLU-11	-33243	3	1910	46857	100
P06	0	SLV-1	-22658	553	138	4590	15831
P06	0	SLV-2	-22658	166	470	14111	4744
P06	0	SLV-3	-21843	166	138	4590	4744
P07	0	SLU-1	-30200	-5	0	0	-165
P07	0	SLU-2	-36925	-5	-1154	-30878	-165
P07	0	SLU-3	-34905	-5	-1091	-45997	-165
P07	0	SLU-4	-35244	69	-1146	-31722	2337
P07	0	SLU-5	-33729	69	-1099	-43061	2337
P07	0	SLU-6	-35244	-5	-1146	-31722	-165
P07	0	SLU-7	-33729	-5	-1099	-43061	-165
P07	0	SLU-8	-35244	-5	-1896	-54559	-165
P07	0	SLU-9	-33729	-5	-1848	-65898	-165
P07	0	SLU-10	-35244	-5	1851	59624	-165
P07	0	SLU-11	-33729	-5	1898	48285	-165
P07	0	SLV-1	-23016	506	129	4485	15152
P07	0	SLV-2	-23016	152	441	13795	4541
P07	0	SLV-3	-22195	152	129	4485	4541
P08	0	SLU-1	-30684	-12	0	0	-421
P08	0	SLU-2	-37405	-12	-1107	-31016	-421
P08	0	SLU-3	-35385	-12	-1033	-44953	-421
P08	0	SLU-4	-35725	58	-1101	-31713	2042
P08	0	SLU-5	-34210	58	-1045	-42166	2042
P08	0	SLU-6	-35725	-12	-1101	-31713	-421
P08	0	SLU-7	-34210	-12	-1045	-42166	-421
P08	0	SLU-8	-35725	-12	-1822	-54250	-421
P08	0	SLU-9	-34210	-12	-1766	-64703	-421

PILA	Z	Comb. Carico	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P08	0	SLU-10	-35725	-12	1784	58434	-421
P08	0	SLU-11	-34210	-12	1839	47981	-421
P08	0	SLV-1	-23366	466	125	4391	14593
P08	0	SLV-2	-23366	140	424	13687	4373
P08	0	SLV-3	-22533	140	125	4391	4373
P09	0	SLU-1	-30696	-19	0	0	-681
P09	0	SLU-2	-37411	-19	-1066	-28735	-681
P09	0	SLU-3	-35407	-19	-967	-42441	-681
P09	0	SLU-4	-35732	51	-1057	-29511	1782
P09	0	SLU-5	-34229	51	-982	-39790	1782
P09	0	SLU-6	-35732	-19	-1057	-29511	-681
P09	0	SLU-7	-34229	-19	-982	-39790	-681
P09	0	SLU-8	-35732	-19	-1743	-50737	-681
P09	0	SLU-9	-34229	-19	-1669	-61017	-681
P09	0	SLU-10	-35732	-19	1689	55395	-681
P09	0	SLU-11	-34229	-19	1764	45116	-681
P09	0	SLV-1	-23378	466	127	4559	14590
P09	0	SLV-2	-23378	140	436	14137	4373
P09	0	SLV-3	-22532	140	127	4559	4373
P10	0	SLU-1	-27729	-35	0	0	-990
P10	0	SLU-2	-34393	-35	-1004	-34366	-990
P10	0	SLU-3	-32443	-35	-1029	-38977	-990
P10	0	SLU-4	-32727	57	-1016	-32469	1601
P10	0	SLU-5	-31264	57	-1035	-35927	1601
P10	0	SLU-6	-32727	-35	-1016	-32469	-990
P10	0	SLU-7	-31264	-35	-1035	-35927	-990
P10	0	SLU-8	-32727	-35	-1718	-50320	-990
P10	0	SLU-9	-31264	-35	-1737	-53778	-990
P10	0	SLU-10	-32727	-35	1792	38937	-990
P10	0	SLU-11	-31264	-35	1773	35479	-990
P10	0	SLV-1	-21134	781	196	3413	18513
P10	0	SLV-2	-21134	234	637	14016	5548
P10	0	SLV-3	-20290	234	196	3413	5548
P11	0	SLU-1	-24529	-58	0	0	-1127
P11	0	SLU-2	-31122	-58	-970	-13379	-1127
P11	0	SLU-3	-29364	-58	-971	-30990	-1127
P11	0	SLU-4	-29474	60	-968	-14453	1183
P11	0	SLU-5	-28155	60	-969	-27661	1183
P11	0	SLU-6	-29474	-58	-968	-14453	-1127
P11	0	SLU-7	-28155	-58	-969	-27661	-1127
P11	0	SLU-8	-29474	-58	-1610	-26235	-1127
P11	0	SLU-9	-28155	-58	-1610	-39443	-1127
P11	0	SLU-10	-29474	-58	1598	32675	-1127
P11	0	SLU-11	-28155	-58	1597	19467	-1127
P11	0	SLV-1	-18929	1061	173	3549	17255
P11	0	SLV-2	-18929	318	580	10357	5171
P11	0	SLV-3	-18130	318	173	3549	5171
P12	0	SLU-1	-22258	-76	0	0	-1126

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 36 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	Z	Comb. Carico	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P12	0	SLU-2	-28292	-76	-722	-18243	-1126
P12	0	SLU-3	-26700	-76	-741	-22272	-1126
P12	0	SLU-4	-26784	52	-724	-16203	770
P12	0	SLU-5	-25589	52	-738	-19225	770
P12	0	SLU-6	-26784	-76	-724	-16203	-1126
P12	0	SLU-7	-25589	-76	-738	-19225	-1126
P12	0	SLU-8	-26784	-76	-1212	-22925	-1126
P12	0	SLU-9	-25589	-76	-1226	-25947	-1126
P12	0	SLU-10	-26784	-76	1225	10684	-1126
P12	0	SLU-11	-25589	-76	1211	7662	-1126
P12	0	SLV-1	-16287	1004	146	601	12392
P12	0	SLV-2	-16287	301	483	4831	3714
P12	0	SLV-3	-15652	301	146	601	3714

3.2.2 Sollecitazioni nella sezione posta a 10.50 m dall'estradosso plinto

In questa sezione riportiamo le sollecitazioni reletive alle diverse combinazioni di carico con riferimento alla sezione posta a 10.50 m dall'estradosso plinto.

Tabella 3.3.5 – Sollecitazioni a quota 10.5 m dall'estradosso plinto per le combinazioni di carico considerate.

PILA	Z	Comb. Carico	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P02	10,5	SLU-1	-19380	57	0	0	391
P02	10,5	SLU-2	-24326	57	-835	-18797	391
P02	10,5	SLU-3	-25973	57	-824	-14574	391
P02	10,5	SLU-4	-23090	181	-836	-15501	1239
P02	10,5	SLU-5	-24325	181	-828	-12334	1239
P02	10,5	SLU-6	-23090	57	-836	-15501	391
P02	10,5	SLU-7	-24325	57	-828	-12334	391
P02	10,5	SLU-8	-23090	57	-1396	-19244	391
P02	10,5	SLU-9	-24325	57	-1388	-16076	391
P02	10,5	SLU-10	-23090	57	1404	-531	391
P02	10,5	SLU-11	-24325	57	1412	2637	391
P02	10,5	SLV-1	-14872	1045	169	-1195	4409
P02	10,5	SLV-2	-14872	313	562	577	1321
P02	10,5	SLV-3	-14078	313	169	-1195	1321
P03	10,5	SLU-1	-21154	40	0	0	465
P03	10,5	SLU-2	-25985	40	-980	-24281	465
P03	10,5	SLU-3	-27819	40	-956	-19911	465
P03	10,5	SLU-4	-24777	151	-981	-21008	1771
P03	10,5	SLU-5	-26153	151	-963	-17730	1771
P03	10,5	SLU-6	-24777	40	-981	-21008	465
P03	10,5	SLU-7	-26153	40	-963	-17730	465

PILA	Z	Comb. Carico	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P03	10,5	SLU-8	-24777	40	-1636	-28466	465
P03	10,5	SLU-9	-26153	40	-1618	-25188	465
P03	10,5	SLU-10	-24777	40	1641	8825	465
P03	10,5	SLU-11	-26153	40	1658	12103	465
P03	10,5	SLV-1	-15999	1052	187	-304	8548
P03	10,5	SLV-2	-15999	315	623	3518	2562
P03	10,5	SLV-3	-15172	315	187	-304	2562
P04	10,5	SLU-1	-24499	21	0	0	422
P04	10,5	SLU-2	-29291	21	-942	-30142	422
P04	10,5	SLU-3	-31214	21	-1011	-14873	422
P04	10,5	SLU-4	-28093	106	-954	-27139	2108
P04	10,5	SLU-5	-29535	106	-1005	-15687	2108
P04	10,5	SLU-6	-28093	21	-954	-27139	422
P04	10,5	SLU-7	-29535	21	-1005	-15687	422
P04	10,5	SLU-8	-28093	21	-1613	-39225	422
P04	10,5	SLU-9	-29535	21	-1665	-27773	422
P04	10,5	SLU-10	-28093	21	1684	21206	422
P04	10,5	SLU-11	-29535	21	1632	32658	422
P04	10,5	SLV-1	-18513	663	173	866	10377
P04	10,5	SLV-2	-18513	199	562	7048	3110
P04	10,5	SLV-3	-17688	199	173	866	3110
P05	10,5	SLU-1	-25201	12	0	0	250
P05	10,5	SLU-2	-29931	12	-999	-32893	250
P05	10,5	SLU-3	-31922	12	-1063	-16980	250
P05	10,5	SLU-4	-28749	91	-1008	-29859	1976
P05	10,5	SLU-5	-30242	91	-1056	-17925	1976
P05	10,5	SLU-6	-28749	12	-1008	-29859	250
P05	10,5	SLU-7	-30242	12	-1056	-17925	250
P05	10,5	SLU-8	-28749	12	-1698	-43698	250
P05	10,5	SLU-9	-30242	12	-1746	-31764	250
P05	10,5	SLU-10	-28749	12	1751	25497	250
P05	10,5	SLU-11	-30242	12	1703	37431	250
P05	10,5	SLV-1	-19016	589	155	855	10289
P05	10,5	SLV-2	-19016	176	506	7053	3084
P05	10,5	SLV-3	-18198	176	155	855	3084
P06	10,5	SLU-1	-25478	3	0	0	68
P06	10,5	SLU-2	-30210	3	-1035	-34293	68
P06	10,5	SLU-3	-32202	3	-1091	-18244	68
P06	10,5	SLU-4	-29027	80	-1042	-31224	1792
P06	10,5	SLU-5	-30521	80	-1084	-19187	1792
P06	10,5	SLU-6	-29027	3	-1042	-31224	68
P06	10,5	SLU-7	-30521	3	-1084	-19187	68
P06	10,5	SLU-8	-29027	3	-1751	-45902	68
P06	10,5	SLU-9	-30521	3	-1793	-33866	68
P06	10,5	SLU-10	-29027	3	1793	27489	68
P06	10,5	SLU-11	-30521	3	1751	39526	68
P06	10,5	SLV-1	-19225	553	146	777	10090
P06	10,5	SLV-2	-19225	166	478	6842	3024

PILA	Z	Comb. Carico	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P06	10,5	SLV-3	-18410	166	146	777	3024
P07	10,5	SLU-1	-26009	-5	0	0	-114
P07	10,5	SLU-2	-30738	-5	-1020	-35075	-114
P07	10,5	SLU-3	-32733	-5	-1084	-19297	-114
P07	10,5	SLU-4	-29556	69	-1029	-32052	1624
P07	10,5	SLU-5	-31052	69	-1077	-20218	1624
P07	10,5	SLU-6	-29556	-5	-1029	-32052	-114
P07	10,5	SLU-7	-31052	-5	-1077	-20218	-114
P07	10,5	SLU-8	-29556	-5	-1732	-47374	-114
P07	10,5	SLU-9	-31052	-5	-1779	-35540	-114
P07	10,5	SLU-10	-29556	-5	1782	29235	-114
P07	10,5	SLU-11	-31052	-5	1735	41068	-114
P07	10,5	SLV-1	-19615	506	139	816	9956
P07	10,5	SLV-2	-19615	152	451	6908	2984
P07	10,5	SLV-3	-18795	152	139	816	2984
P08	10,5	SLU-1	-26461	-12	0	0	-296
P08	10,5	SLU-2	-31187	-12	-962	-34555	-296
P08	10,5	SLU-3	-33182	-12	-1037	-19836	-296
P08	10,5	SLU-4	-30006	58	-974	-31639	1436
P08	10,5	SLU-5	-31501	58	-1031	-20600	1436
P08	10,5	SLU-6	-30006	-12	-974	-31639	-296
P08	10,5	SLU-7	-31501	-12	-1031	-20600	-296
P08	10,5	SLU-8	-30006	-12	-1649	-46901	-296
P08	10,5	SLU-9	-31501	-12	-1705	-35862	-296
P08	10,5	SLU-10	-30006	-12	1722	29408	-296
P08	10,5	SLU-11	-31501	-12	1666	40447	-296
P08	10,5	SLV-1	-19942	466	136	917	9765
P08	10,5	SLV-2	-19942	140	436	7098	2927
P08	10,5	SLV-3	-19109	140	136	917	2927
P09	10,5	SLU-1	-26472	-19	0	0	-479
P09	10,5	SLU-2	-31228	-19	-893	-32737	-479
P09	10,5	SLU-3	-33188	-19	-996	-17987	-479
P09	10,5	SLU-4	-30039	51	-909	-29920	1253
P09	10,5	SLU-5	-31509	51	-986	-18857	1253
P09	10,5	SLU-6	-30039	-19	-909	-29920	-479
P09	10,5	SLU-7	-31509	-19	-986	-18857	-479
P09	10,5	SLU-8	-30039	-19	-1549	-44233	-479
P09	10,5	SLU-9	-31509	-19	-1626	-33170	-479
P09	10,5	SLU-10	-30039	-19	1649	27331	-479
P09	10,5	SLU-11	-31509	-19	1572	38394	-479
P09	10,5	SLV-1	-19960	466	142	1055	9763
P09	10,5	SLV-2	-19960	140	451	7420	2926
P09	10,5	SLV-3	-19114	140	142	1055	2926
P10	10,5	SLU-1	-23554	-35	0	0	-625
P10	10,5	SLU-2	-28331	-35	-955	-28767	-625
P10	10,5	SLU-3	-30218	-35	-935	-24373	-625
P10	10,5	SLU-4	-27137	57	-962	-25645	1011
P10	10,5	SLU-5	-28552	57	-947	-22350	1011

PILA	Z	Comb. Carico	Fz	Fx	Fy	Mx	My
	m		KN	KN	KN	KN-m	KN-m
P10	10,5	SLU-6	-27137	-35	-962	-25645	-625
P10	10,5	SLU-7	-28552	-35	-947	-22350	-625
P10	10,5	SLU-8	-27137	-35	-1617	-36499	-625
P10	10,5	SLU-9	-28552	-35	-1602	-33203	-625
P10	10,5	SLU-10	-27137	-35	1661	17769	-625
P10	10,5	SLU-11	-28552	-35	1676	21065	-625
P10	10,5	SLV-1	-17762	781	193	751	10535
P10	10,5	SLV-2	-17762	234	634	6829	3157
P10	10,5	SLV-3	-16918	234	193	751	3157
P11	10,5	SLU-1	-20371	-58	0	0	-535
P11	10,5	SLU-2	-25225	-58	-901	-21383	-535
P11	10,5	SLU-3	-26964	-58	-901	-3772	-535
P11	10,5	SLU-4	-24012	60	-899	-18075	562
P11	10,5	SLU-5	-25316	60	-899	-4867	562
P11	10,5	SLU-6	-24012	-58	-899	-18075	-535
P11	10,5	SLU-7	-25316	-58	-899	-4867	-535
P11	10,5	SLU-8	-24012	-58	-1494	-23508	-535
P11	10,5	SLU-9	-25316	-58	-1494	-10300	-535
P11	10,5	SLU-10	-24012	-58	1482	3658	-535
P11	10,5	SLU-11	-25316	-58	1482	16866	-535
P11	10,5	SLV-1	-15591	1061	173	-802	6528
P11	10,5	SLV-2	-15591	318	580	1905	1957
P11	10,5	SLV-3	-14792	318	173	-802	1957

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 40 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

4 VERIFICHE ALLO SLU E SLE DEL FUSTO PILE

Dopo un'attenta analisi delle sollecitazioni agenti sulle differenti pile, sono stati individuati due gruppi di pile che si presentano sufficientemente omogenei da un punto di vista della sollecitazione. Il risultato è l'individuazione di un gruppo di pile di testata (gruppo 1) costituito dalle pile P01, P02, P11 e P12 con lunghezze più modeste ed di un gruppo di pile di campata costituito dalle pile P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09 e P10. All'interno di questi due gruppi di pile si sono analizzate, per le verifiche di resistenza, le seguenti n. 3 condizioni di sollecitazione:

- massimo momento flettente trasversale (M_x);
- massimo momento flettente longitudinale (M_y);
- massima compressione N.

Sulla base di queste condizioni di sollecitazioni si sono condotte le verifiche di resistenza a presso flessione deviata utilizzando VcaSlu versione 7.6 che conduce questo tipo di verifico costruendo il dominio di resistenza M_x - M_y con sforzo normale assegnato pari a quello di calcolo per la condizione di sollecitazione considerata.

4.1 Verifica per tensioni normali

La sezione tipo del fusto pile è rappresentata in figura 4.1. Attraverso diverse analisi di predimensionamento si è scelto di armare longitudinalmente il fusto delle pile con ferri posti ad interasse 10 cm. Il diametro dei ferri viene precisato nei paragrafi successivi. Nella tabella 4.1 sono riportate le coordinate delle posizioni della gabbia generica gabbia di armatura. Queste coordinate valgono per entrambi i gruppi di pile. Le differenziazioni avvengono solo a livello dei diametri adottati.

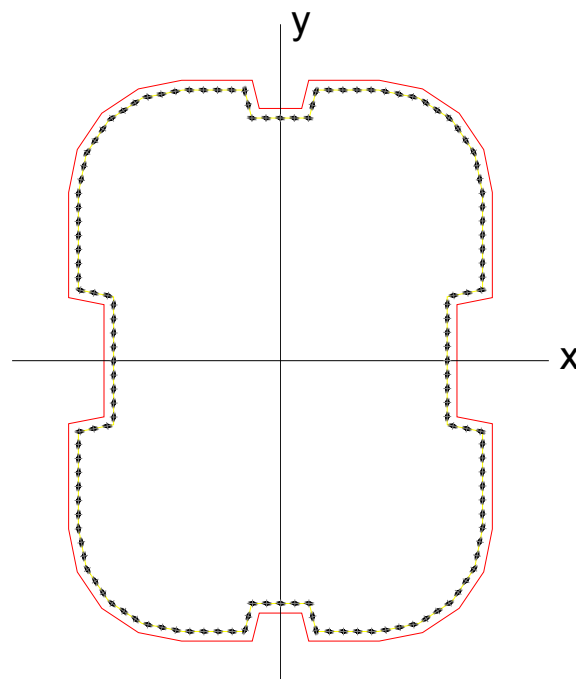


Figura 4.1 – Sezione tipo fusto pile

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 41 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Tabella 4.4.1 – Coordinate delle posizione dei ferri di armatura

Posizione	X [cm]	Y[cm]
1	-118,1	10,0
2	-118,1	20,0
3	-118,1	30,0
4	-118,1	40,0
5	-122,4	46,5
6	-132,2	48,5
7	-142,0	50,4
8	-143,1	59,5
9	-143,1	69,5
10	-143,1	79,5
11	-143,1	89,5
12	-143,1	99,5
13	-143,1	109,5
14	-143,1	119,5
15	-142,5	129,5
16	-140,5	139,3
17	-137,2	148,7
18	-132,7	157,6
19	-127,0	165,8
20	-120,2	173,1
21	-112,5	179,5
22	-104,0	184,7
23	-94,8	188,8
24	-85,2	191,5
25	-75,3	192,9
26	-65,3	193,1
27	-55,3	193,1
28	-45,3	193,1
29	-35,3	193,1
30	-25,4	193,0
31	-22,9	183,3
32	-20,5	173,6
33	-10,9	173,1
34	-0,9	173,1
35	9,1	173,1
36	19,1	173,1
37	22,5	181,5
38	24,9	191,2
39	33,4	193,1
40	43,4	193,1
41	53,4	193,1
42	63,4	193,1
43	73,4	193,0
44	83,4	191,9
45	93,0	189,4
46	102,3	185,6
47	110,9	180,6
48	118,8	174,4

Posizione	X [cm]	Y[cm]
49	125,8	167,3
50	131,7	159,2
51	136,5	150,4
52	140,0	141,1
53	142,2	131,3
54	143,1	121,4
55	143,1	111,4
56	143,1	101,4
57	143,1	91,4
58	143,1	81,4
59	143,1	71,4
60	143,1	61,4
61	143,1	51,4
62	134,0	48,8
63	124,2	46,9
64	118,1	41,9
65	118,1	31,9
66	118,1	21,9
67	118,1	11,9
68	118,1	1,9
69	118,1	-8,1
70	118,1	-18,1
71	118,1	-28,1
72	118,1	-38,1
73	120,5	-46,1
74	130,3	-48,1
75	140,1	-50,1
76	143,1	-57,6
77	143,1	-67,6
78	143,1	-77,6
79	143,1	-87,6
80	143,1	-97,6
81	143,1	-107,6
82	143,1	-117,6
83	142,7	-127,6
84	141,0	-137,5
85	137,9	-147,0
86	133,6	-156,0
87	128,1	-164,3
88	121,5	-171,8
89	114,0	-178,4
90	105,6	-183,8
91	96,6	-188,1
92	87,0	-191,1
93	77,2	-192,7
94	67,2	-193,1
95	57,2	-193,1
96	47,2	-193,1
97	37,2	-193,1
98	27,2	-193,1

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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 43 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Posizione	X [cm]	Y[cm]
99	23,4	-185,1
100	21,0	-175,4
101	12,8	-173,1
102	2,8	-173,1
103	-7,2	-173,1
104	-17,2	-173,1
105	-22,0	-179,7
106	-24,5	-189,4
107	-31,6	-193,1
108	-41,6	-193,1
109	-51,6	-193,1
110	-61,6	-193,1
111	-71,6	-193,1
112	-81,5	-192,2
113	-91,3	-189,9
114	-100,6	-186,4
115	-109,4	-181,6
116	-117,4	-175,6
117	-124,5	-168,7
118	-130,7	-160,8
119	-135,7	-152,1
120	-139,4	-142,9
121	-141,9	-133,2
122	-143,0	-123,2
123	-143,1	-113,2
124	-143,1	-103,2
125	-143,1	-93,2
126	-143,1	-83,2
127	-143,1	-73,2
128	-143,1	-63,2
129	-143,1	-53,2
130	-135,8	-49,2
131	-126,0	-47,2
132	-118,1	-43,7
133	-118,1	-33,7
134	-118,1	-23,7
135	-118,1	-13,7
136	-118,1	-3,7

4.1.1 Sezione di spiccato

4.1.1.1 Gruppo 1: pile P01, P02, P11 e P12

Per armare la sezione di spiccato si è progettata un'armatura di n. 136 $\Phi 22$ a passo 10 cm presente lungo tutto il fusto della generica pila. Per questo gruppo di pile si è effettuato il dimensionamento solo rispetto alla sezione di base in quanto la sezione posta a 10,5 m dallo spiccato, vista l'altezza inferiore rispetto al gruppo di pile 2, era poco significativa. Nella tabella 4.2 si riportano le sollecitazioni relative alle condizioni considerate e i momenti resistenti associati. In figura 4.2 si riporta la schermata relativa alla verifica della

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 44 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

condizione di sollecitazione M_{xmax} . In figura 4.3, invece, si riporta il dominio resistente della sezione sempre in riferimento alla condizione di sollecitazione M_{xmax} . Come si evince dalla tabella 4.2 la pila dimensionante nel gruppo è la P11.

Tabella 4.4.2 – Verifica sezione di spiccato

Gruppo 1 : PILE P01,P02,P11 e P12								
QUOTA z=0 m $A_s=\varnothing 22/10$ (n. 136)								
COMB.	PILA	N	Mx	My	Mxrd	Myrd	Verifica Mrd>Med	
		KN	KNm	KNm	KNm	KNm		
Nmax	11	31122,15	13379,44	1126,56	81307	7644	0k	0k
Mxmax	11	28155,35	39442,67	1126,56	78848	2529	0k	0k
Mymax	11	18928,87	3549,25	17255,12	9521	49866	0k	0k

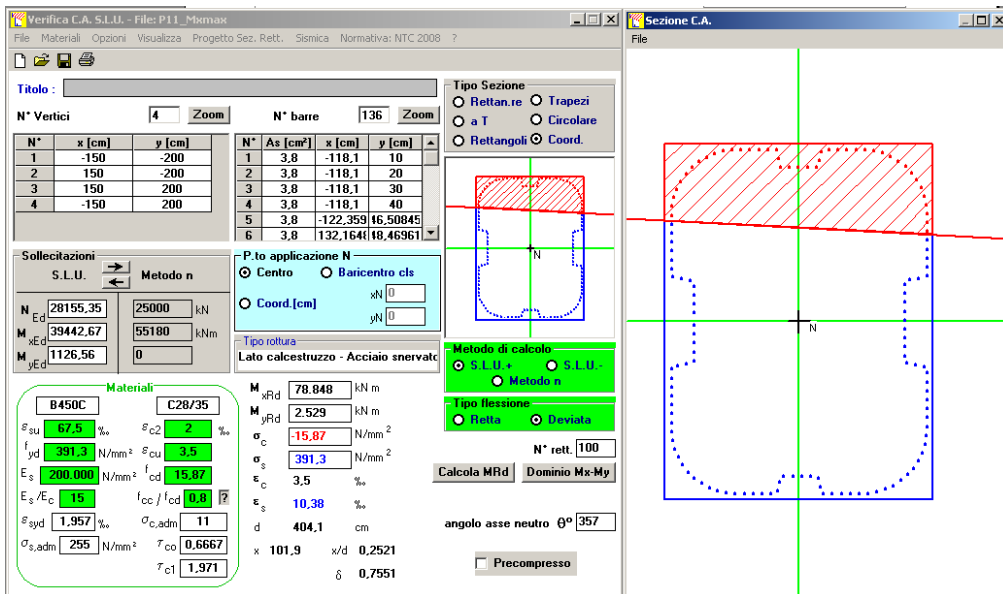


Figura 4.2 – Verifica della condizione $M_{x,max}$

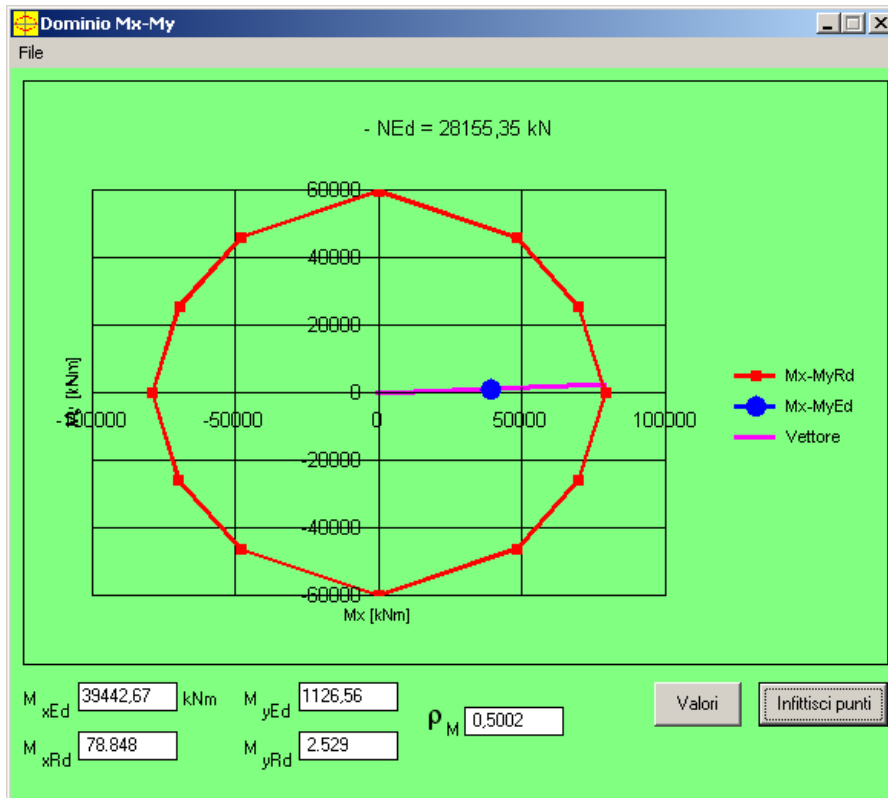


Figura 4.3 – Dominio resistente Mx-My nella condizione di sollecitazione Mxmax

4.1.1.2 Gruppo 2: pile P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09, P10

Allo stesso modo di quanto fatto per il primo gruppo di pile si è proceduto per il secondo. Le armature longitudinali adottate sono in numero di 136 come prima. In questo caso, però, l'armatura adottata rimane costante fino a 10.5 m dallo spiccato di fondazione. A partire dalla quota successiva si utilizzerà un altro diametro del ferro. Tra quota z=0 m e quota z=10.5 m si utilizza un'armatura di n. 136 Φ26 a passo 10 cm. In tabella 4.3 si riporta la verifica per le tre condizioni di sollecitazione considerate in riferimento alla sezione posta alla base delle pile.

Tabella 4.4.3 – Verifica sezione di spiccato

Gruppo 2 : PILE P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09, P10								
QUOTA z=0 m As=Ø26/10 (n. 136)								
COMB.	PILA	N	Mx	My	Mxrd	Myrd	Verifica Mrd>Med	
		KN	KNm	KNm	KNm	KNm		
Nmax	09	37410,67	28734,73	681,01	100201	2748	0k	0k
Mxmax	07	33728,53	65897,56	164,56	96888	920	0k	0k
Mymax	03	19342,22	2272,75	19194,41	6129	60358	0k	0k

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 46 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

4.1.2 Sezione posta a 10.50 m dall'estradosso plinto

Questa verifica viene condotta solo per le pile del Gruppo 2: P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09, P10; ovvero, le pile più alte del viadotto Giulfo. Per tali pile ad una quota superiore a 10.5 m dallo spiccatto di fondazione è stata progettata una armatura di passo uguale a quello sottostante ma con diametro inferiore. La gabbia di armatura longitudinale da adottare sarà, allora, composta da n. 136 $\Phi 22$ a passo 10 cm. Le verifiche di resistenza sono state condotte con lo stesso criterio adottato in precedenza. Nella tabella 4.4. si riporta il prospetto delle verifiche effettuate in relazione alle condizioni di sollecitazioni considerate.

Tabella 4.4.4 – Verifica sezione posta a 10.5 m dall'estradosso plinto

Gruppo 2 : PILE P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09, P10								
QUOTA z=10.5 m As=Ø22/10 (n. 136)								
COMB.	PILA	N	Mx	My	Mxrd	Myrd	Verifica Mrd>Med	
		KN	KNm	KNm	KNm	KNm		
Nmax	09	33187,50	17986,70	479,04	84530	2556	0k	0k
Mxmax	07	29555,66	47373,52	114,41	80723	847	0k	0k
Mymax	10	17761,78	751,08	10535,34	1959	49278	0k	0k

4.2 Verifica per tensioni tangenziali

Per le verifiche alle tensioni tangenziali non è necessario effettuare la distinzione per i diversi gruppi di pile. Essendo le sollecitazioni taglianti sufficientemente omogenee nelle due direzioni principali e su tutte le pile la verifica verrà condotta sulla pila più sollecitata secondo le seguenti n. 4 condizioni di sollecitazione:

- sforzo normale minimo e taglio in direzione trasversale associato ($F_y - N_{\min}$);
- massimo taglio in direzione trasversale e sforzo normale associato ($F_{y\max} - N$);
- sforzo normale minimo e taglio in direzione longitudinale associato ($F_x - N_{\min}$);
- massimo taglio in direzione longitudinale e sforzo normale associato ($F_{x\max} - N$).

Queste condizioni, come deve essere, si trovano in corrispondenza delle tre combinazioni sismiche. 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 riferiamo ad una sezione rettangolare ideale di calcestruzzo iscritta all'interno della sezione reale della pila (figura 4.4). Ancora, viste le ridotte sollecitazioni taglianti rispetto al taglio resistente del solo calcestruzzo, sempre a vantaggio di statica, le armature longitudinali prese in considerazioni nel calcolo sono quelle delle pile meno armate, ovvero n. 136 $\Phi 22$ a passo 10 cm.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 47 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

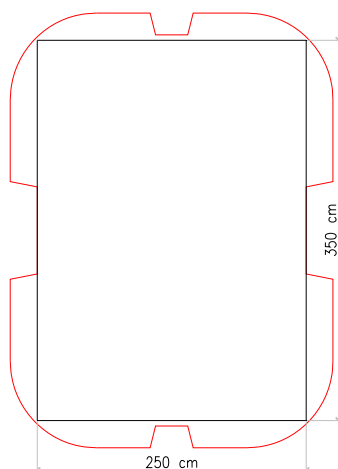


Figura 4.4 – Sezione di riferimento per il calcolo del taglio resistente

La verifica a taglio viene eseguita nella sezione più sfavorevole per tutte le pile che risulta essere quella all'estradosso del plinto di fondazione. La verifica condotta è riportata nel foglio di calcolo seguente:

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)						
sezione verifica	di	taglio trasversale	taglio trasversale	taglio longitudinale	taglio longitudinale	
corrispondente a		Nmin	Fymax	Nmin	Fxmax	
Sollecitazioni						
V	=	320	1910	735	1061	kN taglio
N	=	14224	33243	14224	18929	kN sforzo normale (>0 compressione)
Geometria						
B	=	2500	2500	3500	3500	mm larghezza sezione
H	=	3500	3500	2500	2500	mm altezza sezione
c	=	80	80	80	80	mm copriferro
d	=	3420	3420	2420	2420	mm altezza utile
Materiali						
R _{ck}	=	35,0	35,0	35,0	35,0	MPa resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29,1	29,1	29,1	29,1	MPa resistenza caratteristica cilindrica
g _c	=	1,5	1,5	1,5	1,5	coefficiente parziale di sicurezza
a _{cc}	=	0,85	0,85	0,85	0,85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	16,5	16,5	16,5	16,5	MPa resistenza di calcolo a compressione
g _s	=	1,15	1,15	1,15	1,15	coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450,0	450,0	450,0	450,0	MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391,3	391,3	391,3	391,3	MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio						
A _{sl}	=	51698,0	51698,0	51698,0	51698,0	mm ² armatura longitudinale
r _l	=	0,00591	0,00591	0,00591	0,00591	rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1,2	1,2	1,3	1,3	
v _{min}	=	0,3	0,3	0,3	0,3	

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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 48 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

S_{cp}	=	1,6	3,8	1,6	2,2	MPa	tensione media calcestruzzo
$S_{cp,ad}$	=	1,6	3,3	1,6	2,2	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	=	5371,4	7509,0	5440,8	6124,0	kN	taglio resistente
check	=	OK	OK	OK	OK		

Il taglio resistente del solo calcestruzzo è maggiore risulta essere maggiore della sollecitazione di progetto.

4.3 Verifica a fessurazione (SLE)

Per le pile è prescritta una classe di esposizione XF2, classificate al punto 4.1.2.2.4.3 come condizioni ambientali aggressive. Le combinazioni di carico da considerare sono quella "frequente" per lo stato limite di apertura delle fessure e quella "quasi permanente" per lo stato limite di decompressione. Le matrici dei coefficienti per formare le combinazioni di carico sono riportati in tabella 4.5 e 4.6.

Tabella 4.4.5 – Matrice coefficienti per formare le combinazioni di carico frequenti

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI_ SLE comb.frequente							
	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6	
	Schema 1.1	Schema 1.2	AZ-termiche.1	AZ-termiche.2	AZ-vento.1	AZ-vento.2	
g1	1	1	1	1	1	1	peso proprio impalcato
g1-pile	1	1	1	1	1	1	peso proprio pile
g2	1	1	1	1	1	1	permanenti portati
e2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	ritiro
e3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	temperatura
q1.1	0,75	0	0,75	0	0,75	0	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	0	0,75	0	0,75	0	0,75	carico mobile - massimo momento trasversale
q3	0	0	0	0	0	0	frenatura
q4	0	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5-imp	0	0	0	0	0,2	0,2	vento su impalcato
q5-pile	0	0	0	0	0,2	0,2	vento su pile
q6.1	0	0	0	0	0	0	sisma ($X+0.3Y+0.3Z$)
q6.2	0	0	0	0	0	0	sisma ($0.3X+Y+0.3Z$)
q6.3	0	0	0	0	0	0	sisma ($0.3X+0.3Y+Z$)

Tabella 4.6 – Matrice coefficienti per formare le combinazioni di carico frequenti

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI_ SLE quasi perm.	
	G
g1	1
g1-pile	1
g2	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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 49 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

e2	0,5
e3	0,5
q1.1	0
q1.2	0
q3	0
q4	0
q5-imp	0
q5-pile	0
q6.1	0
q6.2	0
q6.3	0

Le condizioni di sollecitazione esaminate per la verifica a fessurazione sono le seguenti due:

- momento trasversale minimo (M_{xmin});
- momento longitudinale minimo (M_{ymin}).

Prendendo in considerazione tutte le pile da P01 a P12 i valori delle azioni di calcolo da considerare per lo stato limite di fessurazione sono quelli riportati in tabella 4.7 e 4.8.

Tabella 4.7 – Azioni di calcolo per lo stato limite di apertura delle fessure

RIEPILOGO		
	Mx,mim	My,min
Fz	-26106,47	-26471
Mx	-16405,88	-15320
My	-2352,77	-2695,52
Pila	P07	P09
	SLE-F2	SLE-F2

Tabella 4.8 – Azioni di calcolo per lo stato limite di decompressione

RIEPILOGO		
	Mx,mim	My,min
Fz	22741,06	-22741
Mx	-1962,52	-1963
My	-2246,27	-2246,27
Pila	P09	P09
	SLE-QP	SLE-QP

Riportiamo nel seguito il foglio di calcolo per la condizione Mxmin e per la condizione Mymin.

condizioni				
ambientali	aggressive			
armature	poco sensibili			
	comb.	comb.		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 50 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

		FREQUENTE	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	0		
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	0		
360		50	0		
		Mx,max	Mx,max		comb.
M_{Ed}	=	16405,88	1963	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N_{Ed}	=	26106	22741	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
		comb.	comb.		
		FREQUENTE	QUASI PERM.		
Materiali					
Rck	=	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29,05	29,05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37,05	37,05	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2,83	2,83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{cfm}	=	2,43	2,43	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2,36	2,36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0,00	0,00		coefficiente di omogeneizzazione cls tesato
Geometria					
B	=	3000	3000	mm	base sezione
H	=	4000	4000	mm	altezza sezione
Armatura					
n_1	=	18	18		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	26	26	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	3950	3950	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	9557	9557	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	18	18		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	26	26	mm	diametro tondini superiori

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 51 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

d ₂	=	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	9557	9557	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni					
M	=	16405,9	1962,5	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	26106,5	22741,1	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	628	86	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione					
A _{cls}	=	12000000	12000000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	19113,4	19113,4	mm ²	area armatura
A _{id}	=	1,23E+07	1,23E+07	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	2000,0	2000,0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	1,71E+13	1,71E+13	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	1179,4	1179,4	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	1304,5	1304,5	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione					
A _{cls,t}	=	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id,t}	=	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,i}	=	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione					
		decompressione	decompressione		

condizioni
ambientali **aggressive**

armature **poco sensibili**

comb. FREQUENTE **comb. QUASI PERM.**

diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s w2=0.30 mm w1=0.20 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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 52 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

[MPa]	Ø	Ø
160	32	25
200	25	16
240	16	12
280	12	8
320	10	6
360	8	0

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	0	
360	50	0	
	My,max	My,max	comb.
M _{Ed}	= 2695,52	2246	kNm Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N _{Ed}	= 26471	22741	kN Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

	comb.	comb.	
	FREQUENTE	QUASI PERM.	
Materiali			
R _{ck}	= 35	35	MPa resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	= 29,05	29,05	MPa resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	= 37,05	37,05	MPa resistenza cilindrica media
f _{ctm}	= 2,83	2,83	MPa resistenza media a trazione semplice
f _{cfm}	= 2,43	2,43	MPa resistenza media a trazione per flessione
σ_t	= 2,36	2,36	MPa tensione limite apertura fessure
n	= 15	15	coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	= 0,00	0,00	coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria			
B	= 4000	4000	mm base sezione
H	= 3000	3000	mm altezza sezione
Armatura			
n ₁	= 22	22	n. tondini inferiori
Ø ₁	= 26	26	mm diametro tondini inferiori
d ₁	= 2950	2950	mm distanza da lembo compresso
A _{s1}	= 11680	11680	mm ² area armatura inferiore
n ₂	= 22	22	n. tondini superiori
Ø ₂	= 26	26	mm diametro tondini superiori
d ₂	= 50	50	mm distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	= 11680	11680	mm ² area armatura superiore
Sollecitazioni			
M	= 2695,5	2246,3	kNm Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	= 26470,7	22741,1	KN Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	= 102	99	mm eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a			

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 53 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

compressione

A_{cls}	=	12000000	12000000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	23360,9	23360,9	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1,24E+07	1,24E+07	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	1500,0	1500,0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	9,74E+12	9,74E+12	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	887,9	887,9	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	974,4	974,4	mm	quota punto di nocciolo superiore

Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

$A_{cls,t}$	=	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

decompressione decompressione

Com'è evidente dai calcoli non è stato necessario procedere con il calcolo delle aperture delle fessure perché anche nella combinazione frequente la sezione non risulta mai parzializzata. La verifica a fessurazione risulta 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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 54 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

5 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

Le pile del viadotto Giulfo, vista la notevole altezza, sono sicuramente da annoverare nella classe degli elementi strutturali snelli. Per la verifica di stabilità degli elementi snelli, nel punto 4.1.2.1.7.2 le NTC consentono l'utilizzo di metodi di elaborazione algebrizzati basati sulla concentrazione dell'equilibrio nelle sezioni critiche e, per i quali rimanda a documenti di comprovata validità. Per analizzare gli effetti del secondo ordine si è fatto riferimento alle norme UNI EN 1992-1-1:2005 e in particolare al metodo basato sulla "curvatura nominale" riportato al punto 5.8. Nelle sezioni successive si illustra brevemente il metodo di verifica utilizzato. Infine, si riporta il dettaglio dei calcoli di verifica eseguiti.

5.1 Metodo basato sulla 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 basato su un'inflessione che a sua volta è basata sulla lunghezza libera d'inflessione e su una 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:

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

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

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

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 λ può essere valutata come segue:

$$\lambda = l_0 / i$$

dove:

l_0 è la lunghezza libera d'inflessione

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 55 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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

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:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 56 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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'inflexione.

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'inflexione, 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, $|M_{02}| \geq |M_{01}|$.

(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'inflexione = $(1/r) l_0^2 / c$;

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

l_0 è la lunghezza libera d'inflexione, 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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 57 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.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;

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

l è la snellezza, vedere punto 5.8.3.1.

5.1.5 Flessione deviata

Il metodo descritto precedentemente può essere utilizzato anche nel caso di 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 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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 58 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Nel caso in cui queste limitazioni non siano rispettate occorre verificare la 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}).

Tali condizioni sono state analizzate in riferimento alle pile più alte, ovvero quelle soggette agli effetti maggiori nell'analisi al secondo ordine. Nella tabella 5.1 sono riportate le pile sulle quali si sono valutate le condizioni di sollecitazione prese in esame.

Tabella 5.1 – Pile esaminate per le condizioni di sollecitazione considerate

	Pile
Nmax	P07-P08-P09
Mxmax	P07-P08-P09
Mymax	P03-P04-P07-P08-P09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 59 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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 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 Momenti di calcolo al secondo ordine

In questo paragrafo riportiamo i fogli di calcolo, relativi alle pile analizzate, dove sono stati determinati i momenti di progetto M_{ed} amplificati degli effetti del secondo ordine. Nel caso in cui è stato necessario condurre la verifica a flessione deviata secondo il punto 5.8.9.4 EN 1992 in questi fogli è presente anche tale verifica.

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P03						
		Nma x	Mx,ma x	My,max		
R_{ck}	=	-	-	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	-	-	29,05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	-	-	1,50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	-	-	0,85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	-	-	16,46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	=	-	-	37,05	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	=	-	-	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	=	-	-	450,00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
γ_s	=	-	-	1,15		coefficiente di sicurezza
f_{yd}	=	-	-	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
E_s	=	-	-	206000	MPa	modulo elastico acciaio
ϵ_{yd}	=	-	-	0,00190		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria elemento						
d_x	=	-	-	2,95	m	altezza utile longitudinale
d_y	=	-	-	3,95	m	altezza utile trasversale
A_c	=	-	-	10,88	m ²	area sezione trasversale
L	=	-	-	21,46	m	altezza elemento
J_x	=	-	-	13,63	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J_y	=	-	-	7,22	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i_x	=	-	-	0,81	m ⁴	raggio d'inerzia longitudinale
i_y	=	-	-	1,12	m ⁴	raggio d'inerzia trasversale
A_s	=	-	-	72206	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	-	-	0,16		rapporto meccanico di armatura
α_x	=	-	-	2,00		coefficiente di vincolo longitudinale
α_y	=	-	-	2,00		coefficiente di vincolo trasversale
L_{0x}	=	-	-	42,92	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 60 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P03						
L_{0y}	=	-	-	42,92	m	lunghezza libera d'inflexione trasversale
λ_x	=	-	-	52,69		snellezza longitudinale
λ_y	=	-	-	38,35		snellezza trasversale
λ	=	-	-	52,69		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite						
A	=	-	-	0,70		
B	=	-	-	1,15		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	=	-	-	0,70		Coeff. funz. del rapp. dei mom. Flett. alle estremità
n	=	-	-	0,1080		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	-	-	34,20		snellezza limite
		-	-			
ϑ_0	=	-	-	0,005		
α_h	=	-	-	0,67		
α_m	=	-	-	1,00		
ϑ_i	=	-	-	0,00333		
e_{ix}	=	-	-	0,07	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e_{iy}	=	-	-	0,07	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
Sollecitazioni						
N_{Ed}	=	-	-	19342,2	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	-	-	2272,7		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	-	-	2272,7		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	-	-	0,0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	-	-	19194,4		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	-	-	3656		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	-	-	3656		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	-	-	1383,61		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	-	-	20578,02		max momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	-	-	3656,4	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	-	-	12900,3	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling						
n_u	=	-	-	1,1578		
n_{bal}	=	-	-	0,40		
K_r	=	-	-	1,385		coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	=	-	-	2		coefficiente di viscosità a tempo infinito
c	=	-	-	9,87		fattore funzione della distribuzione della curvatura
Buckling longitudinale						
M_{SLE}/M_S						
LU	=	-	-	0,74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	=	-	-	1,4815		coefficiente di viscosità efficace

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 61 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P03						
β_x	=	-	-	0,144		
$K_{\phi x}$	=	-	-	1,213335 77		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	-	-	0,0014		
$(1/r)_x$	=	-	-	0,0024		curvatura longitudinale
e_{2x}	=	-	-	0,449	m	inflessione longitudinale
M_{2y}	=	-	-	8683,2	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
M_{Edy}	=	-	-	21583,5	kNm	momento di progetto longitudinale
Buckling trasversale						
M_{SLE}/M_S LU	=	-	-	0,74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\phi_{eff,y}$	=	-	-	1,4815		coefficiente di viscosità efficace
β_y	=	-	-	0,240		
$K_{\phi y}$	=	-	-	1,355		
$(1/r_0)_y$	=	-	-	0,001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	-	-	0,002		curvatura trasversale
e_{2y}	=	-	-	0,374	m	inflessione trasversale
M_{2x}	=	-	-	7241,9	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
M_{Edx}	=	-	-	10898,3	kNm	momento di progetto trasversale
Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	-	-	1,37		rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	-	-	2,82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	-	-	3,88	m	dimensione trasversale equivalente
e_x	=	-	-	0,60	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
e_y	=	-	-	0,12	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
e_{x0}	=	-	-	0,667	m	eccentricità longitudinale
e_{y0}	=	-	-	0,19	m	eccentricità trasversale
e/b	=	-	-	2,57		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	-	-	4,13		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	-	-	2,29		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
Buckling flessione deviata - verifica semplificata						
N_{Rd}	=	-	-	207358	kN	forza nominale resistente
a	=	-	-	1,00		esponente del dominio
M_{Rdx}	=	-	-	80386	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
M_{Rdy}	=	-	-	60749	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0,49		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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 62 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8) -						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P04						
		Nmax	Mx,max	My,max		
R_{ck}	=	-	-	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	-	-	29,05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	-	-	1,50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	-	-	0,85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	-	-	16,46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	=	-	-	37,05	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	=	-	-	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	=	-	-	450,00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
γ_s	=	-	-	1,15		coefficiente di sicurezza
f_{yd}	=	-	-	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio
E_s	=	-	-	206000	MPa	modulo elastico acciaio
ε_{yd}	=	-	-	0,00190		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria elemento						
d_x	=	-	-	2,95	m	altezza utile longitudinale
d_y	=	-	-	3,95	m	altezza utile trasversale
A_c	=	-	-	10,88	m ²	area sezione trasversale
L	=	-	-	29,86	m	altezza elemento
J_x	=	-	-	13,63	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J_y	=	-	-	7,22	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i_x	=	-	-	0,81	m ⁴	raggio d'inerzia longitudinale
i_y	=	-	-	1,12	m ⁴	raggio d'inerzia trasversale
A_s	=	-	-	72206	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	-	-	0,16		rapporto meccanico di armatura
α_x	=	-	-	2,00		coefficiente di vincolo longitudinale
α_y	=	-	-	2,00		coefficiente di vincolo trasversale
L_{0x}	=	-	-	59,72	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	=	-	-	59,72	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	=	-	-	73,31		snellezza longitudinale
λ_y	=	-	-	53,36		snellezza trasversale
λ	=	-	-	73,31		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite						
A	=	-	-	0,70		
B	=	-	-	1,15		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	=	-	-	0,70		Coeff. funz. del rapp. dei momenti flettenti alle estremità
n	=	-	-	0,1225		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	-	-	32,11		snellezza limite
		-	-			

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 63 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8) -
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE
PILA P04

ϑ_0	=	-	-	0,005		
α_h	=	-	-	0,67		
α_m	=	-	-	1,00		
ϑ_i	=	-	-	0,00333		
e_{ix}	=	-	-	0,10	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e_{iy}	=	-	-	0,10	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
Sollecitazioni						
N_{Ed}	=	-	-	21947,5	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	-	-	4834,8		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	-	-	4834,8		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	-	-	0,0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	-	-	17276,2		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	-	-	7019		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	-	-	7019		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	-	-	2184,51		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	-	-	19460,7 0		max momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	-	-	7019,3	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	-	-	12550,2	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling						
n_u	=	-	-	1,1578		
n_{bal}	=	-	-	0,40		
K_r	=	-	-	1,366		coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	=	-	-	2		coefficiente di viscosità a tempo infinito
c	=	-	-	9,87		fattore funzione della distribuzione della curvatura
Buckling longitudinale						
M_{SLE}/M_{SLU}	=	-	-	0,74		rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,x}$	=	-	-	1,4815		coefficiente di viscosità efficace
β_x	=	-	-	0,007		
$K_{\varphi x}$	=	-	-	1,00965 027		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	-	-	0,0014		
$(1/r)_x$	=	-	-	0,0020		curvatura longitudinale
e_{2x}	=	-	-	0,713	m	inflessione longitudinale
M_{2y}	=	-	-	15653,4	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
M_{Edy}	=	-	-	28203,7	kNm	momento di progetto longitudinale
Buckling trasversale						
M_{SLE}/M_S	=	-	-	0,74		rapporto momento SLE/momento SLU

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 64 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8) -
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE
PILA P04

LU						
$\varphi_{eff,y}$	=	-	-	1,4815		coefficiente di viscosità efficace
β_y	=	-	-	0,140		
$K_{\varphi y}$	=	-	-	1,207		
$(1/r_0)_y$	=	-	-	0,001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	-	-	0,002		curvatura trasversale
e_{2y}	=	-	-	0,637	m	inflessione trasversale
M_{2x}	=	-	-	13972,5	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
M_{Edx}	=	-	-	20991,8	kNm	momento di progetto trasversale
Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	-	-	1,37		rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	-	-	2,82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	-	-	3,88	m	dimensione trasversale equivalente
e_x	=	-	-	0,47	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
e_y	=	-	-	0,22	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
e_{x0}	=	-	-	0,572	m	eccentricità longitudinale
e_{y0}	=	-	-	0,32	m	eccentricità trasversale
e/b	=	-	-	1,30		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	-	-	1,89		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	-	-	1,07		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
Buckling flessione deviata - verifica semplificata						
N_{Rd}	=	-	-	207358	kN	forza nominale resistente
a	=	-	-	1,50		esponente del dominio
M_{Rdx}	=	-	-	83693	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
M_{Rdy}	=	-	-	63365	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0,42		se < 1 verifica soddisfatta

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE
PILA P07

		Nmax	Mx,max	My,max		
R_{ck}	=	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29,05	29,05	29,05	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 65 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P07						
f_{cd}	=	16,46	16,46	16,46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	=	37,05	37,05	37,05	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	=	32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	=	450,00	450,00	450,00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
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	=	3,95	3,95	3,95	m	altezza utile trasversale
A_c	=	10,88	10,88	10,88	m ²	area sezione trasversale
L	=	33,46	33,46	33,46	m	altezza elemento
J_x	=	13,63	13,63	13,63	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J_y	=	7,22	7,22	7,22	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i_x	=	0,81	0,81	0,81	m ²	raggio d'inerzia longitudinale
i_y	=	1,12	1,12	1,12	m ²	raggio d'inerzia trasversale
A_s	=	72206	72206	72206	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	0,16	0,16	0,16		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}	=	66,92	66,92	66,92	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	=	66,92	66,92	66,92	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	=	82,15	82,15	82,15		snellezza longitudinale
λ_y	=	59,79	59,79	59,79		snellezza trasversale
λ	=	82,15	82,15	82,15		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite						
A	=	0,70	0,70	0,70		
B	=	1,15	1,15	1,15		coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
C	=	0,70	0,70	0,70		Coeff. funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è noto)
n	=	0,2062	0,1883	0,1285		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	24,76	25,90	31,36		snellezza limite
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}	=	0,11	0,11	0,11	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e_{iy}	=	0,11	0,11	0,11	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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 66 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)					
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE					
PILA P07					
Sollecitazioni					
N_{Ed}	=	36924,6	33728,5	23016,0	kN sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	30878,1	65897,6	4484,6	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	30878,1	65897,6	4484,6	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0,0	0,0	0,0	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	164,6	164,6	15151,5	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	34996	69659	7052	minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	34996	69659	7052	massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	4118,32	3761,86	2567,05	minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	4282,88	3926,41	17718,59	massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	34996,4	69659,4	7051,7	kN momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	4217,1	3860,6	11658,0	kN momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling					
n_u	=	1,1578	1,1578	1,1578	
n_{bal}	=	0,40	0,40	0,40	
K_r	=	1,256	1,279	1,358	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	=	-0,052	-0,052	-0,052	
$K_{\varphi x}$	=	1	1	1	coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0,0014	0,0014	0,0014	
$(1/r)_x$	=	0,0018	0,0018	0,0019	curvatura longitudinale
e_{2x}	=	0,815	0,831	0,882	m inflessione longitudinale
M_{2y}	=	30106,6	28016,4	20297,6	kNm momento nominale del 2° ordine longitudinale
M_{Edy}	=	34323,7	31877,0	31955,6	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	=	0,097	0,097	0,097	
$K_{\varphi y}$	=	1,143	1,143	1,143	
$(1/r_0)_y$	=	0,001	0,001	0,001	curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0,002	0,002	0,002	curvatura trasversale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 67 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P07						
e_{2y}	=	0,696	0,709	0,753	m	inflexione trasversale
M_{2x}	=	25704,4	23919,8	17329,7	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
M_{Edx}	=	60700,8	93579,2	24381,3	kNm	momento di progetto trasversale
Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1,37	1,37	1,37		rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2,82	2,82	2,82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3,88	3,88	3,88	m	dimensione trasversale equivalente
e_x	=	0,00	0,00	0,39	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
e_y	=	0,84	1,95	0,19	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
e_{x0}	=	0,114	0,114	0,507	m	eccentricità longitudinale
e_{y0}	=	0,95	2,07	0,31	m	eccentricità trasversale
e/b	=	0,09	0,04	1,20		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0,10	0,04	1,89		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0,00	0,00	0,94		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
Buckling flessione deviata - verifica semplificata						
N_{Rd}	=	-	-	207358	kN	forza nominale resistente
a	=	-	-	1,50		esponente del dominio
M_{Rdx}	=	-	-	85444	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
M_{Rdy}	=	-	-	64748	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0,50		se < 1 verifica soddisfatta

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P08						
		Nmax	Mx,max	My,max		
R_{ck}	=	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29,05	29,05	29,05	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}	=	16,46	16,46	16,46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	=	37,05	37,05	37,05	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	=	32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	=	450,00	450,00	450,00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
γ_s	=	1,15	1,15	1,15		coefficiente di sicurezza
f_{yd}	=	391	391	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo acciaio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 68 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P08						
E_s	=	206000	206000	206000	MPa	modulo elastico acciaio
ε_{vd}	=	0,00190	0,00190	0,00190		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria elemento						
d_x	=	2,95	2,95	2,95	m	altezza utile longitudinale
d_y	=	3,95	3,95	3,95	m	altezza utile trasversale
A_c	=	10,88	10,88	10,88	m ²	area sezione trasversale
L	=	34,66	34,66	34,66	m	altezza elemento
J_x	=	13,63	13,63	13,63	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J_y	=	7,22	7,22	7,22	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i_x	=	0,81	0,81	0,81	m ⁴	raggio d'inerzia longitudinale
i_y	=	1,12	1,12	1,12	m ⁴	raggio d'inerzia trasversale
A_s	=	72206	72206	72206	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	0,16	0,16	0,16		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}	=	69,32	69,32	69,32	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	=	69,32	69,32	69,32	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	=	85,10	85,10	85,10		snellezza longitudinale
λ_y	=	61,93	61,93	61,93		snellezza trasversale
λ	=	85,10	85,10	85,10		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite						
A	=	0,70	0,70	0,70		
B	=	1,15	1,15	1,15		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	=	0,2088	0,1910	0,1305		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	24,60	25,72	31,12		snellezza limite
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}	=	0,12	0,12	0,12	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e_{iy}	=	0,12	0,12	0,12	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
Sollecitazioni						
N_{Ed}	=	37404,8	34209,8	23366,0	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	31016,1	64702,5	4391,3		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	31016,1	64702,5	4391,3		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0,0	0,0	0,0		momento flettente longitudinale del primo ordine

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 69 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P08						
$M_{2,y}$	=	421,5	421,5	14593,2		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	35338	68655	7091		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	35338	68655	7091		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	4321,50	3952,37	2699,55		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	4742,99	4373,87	17292,76		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	35337,6	68654,9	7090,9	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	4574,4	4205,3	11455,5	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling						
n_u	=	1,1578	1,1578	1,1578		
n_{bal}	=	0,40	0,40	0,40		
K_r	=	1,252	1,276	1,356		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	=	-0,072	-0,072	-0,072		
$K_{\varphi x}$	=	1	1	1		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0,0014	0,0014	0,0014		
$(1/r)_x$	=	0,0018	0,0018	0,0019		curvatura longitudinale
e_{2x}	=	0,872	0,889	0,944	m	inflessione longitudinale
M_{2y}	=	32632,7	30406,4	22068,9	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
M_{Edy}	=	37207,1	34611,7	33524,4	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	=	0,082	0,082	0,082		
$K_{\varphi y}$	=	1,122	1,122	1,122		
$(1/r_0)_y$	=	0,001	0,001	0,001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0,002	0,002	0,002		curvatura trasversale
e_{2y}	=	0,731	0,745	0,791	m	inflessione trasversale
M_{2x}	=	27344,9	25479,4	18492,9	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
M_{Edx}	=	62682,5	94134,3	25583,7	kNm	momento di progetto trasversale
Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1,37	1,37	1,37		rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2,82	2,82	2,82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3,88	3,88	3,88	m	dimensione trasversale equivalente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 70 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P08						
e_x	=	0,01	0,01	0,37	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
e_y	=	0,83	1,89	0,19	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
e_{x0}	=	0,122	0,123	0,490	m	eccentricità longitudinale
e_{y0}	=	0,94	2,01	0,30	m	eccentricità trasversale
e/b	=	0,09	0,04	1,18		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0,11	0,05	1,90		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0,01	0,00	0,90		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
Buckling flessione deviata - verifica semplificata						
N_{Rd}	=	-	-	207358	kN	forza nominale resistente
a	=	-	-	1,50		esponente del dominio
M_{Rdx}	=	-	-	85444	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
M_{Rdy}	=	-	-	64748	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0,54		se <1 verifica soddisfatta

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P09						
		Nmax	Mx,max	My,max		
R_{ck}	=	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29,05	29,05	29,05	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}	=	16,46	16,46	16,46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	=	37,05	37,05	37,05	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	=	32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	=	450,00	450,00	450,00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
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	=	3,95	3,95	3,95	m	altezza utile trasversale
A_c	=	10,88	10,88	10,88	m ²	area sezione trasversale
L	=	34,66	34,66	34,66	m	altezza elemento
J_x	=	13,63	13,63	13,63	m ⁴	momento d'inerzia 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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 71 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P09						
J_y	=	7,22	7,22	7,22	m^4	momento d'inerzia longitudinale
i_x	=	0,81	0,81	0,81	m^4	raggio d'inerzia longitudinale
i_y	=	1,12	1,12	1,12	m^4	raggio d'inerzia trasversale
A_s	=	72206	72206	72206	mm^2	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	0,16	0,16	0,16		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}	=	69,32	69,32	69,32	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	=	69,32	69,32	69,32	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	=	85,10	85,10	85,10		snellezza longitudinale
λ_y	=	61,93	61,93	61,93		snellezza trasversale
λ	=	85,10	85,10	85,10		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite						
A	=	0,70	0,70	0,70		
B	=	1,15	1,15	1,15		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	=	0,2089	0,1911	0,1305		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	24,59	25,71	31,11		snellezza limite
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}	=	0,12	0,12	0,12	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e_{iy}	=	0,12	0,12	0,12	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
Sollecitazioni						
N_{Ed}	=	37410,7	34229,3	23378,4	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	28734,7	61016,8	4558,9		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	28734,7	61016,8	4558,9		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0,0	0,0	0,0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	681,0	681,0	14590,4		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	33057	64971	7260		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	33057	64971	7260		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	4322,18	3954,62	2700,98		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	5003,19	4635,63	17291,39		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	33056,9	64971,4	7259,9	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 72 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P09						
$M_{0Ed,y}$	=	4730,8	4363,2	11455,2	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling						
n_u	=	1,1578	1,1578	1,1578		
n_{bal}	=	0,40	0,40	0,40		
K_r	=	1,252	1,276	1,356		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	=	-0,072	-0,072	-0,072		
$K_{\varphi x}$	=	1	1	1		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0,0014	0,0014	0,0014		
$(1/r)_x$	=	0,0018	0,0018	0,0019		curvatura longitudinale
e_{2x}	=	0,872	0,889	0,944	m	inflessione longitudinale
M_{2y}	=	32636,7	30420,3	22079,1	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
M_{Edy}	=	37367,5	34783,6	33534,3	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	=	0,082	0,082	0,082		
$K_{\varphi y}$	=	1,122	1,122	1,122		
$(1/r_0)_y$	=	0,001	0,001	0,001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0,002	0,002	0,002		curvatura trasversale
e_{2y}	=	0,731	0,745	0,791	m	inflessione trasversale
M_{2x}	=	27348,3	25491,0	18501,4	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
M_{Edx}	=	60405,2	90462,5	25761,3	kNm	momento di progetto trasversale
Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1,37	1,37	1,37		rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2,82	2,82	2,82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3,88	3,88	3,88	m	dimensione trasversale equivalente
e_x	=	0,01	0,01	0,37	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
e_y	=	0,77	1,78	0,20	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
e_{x0}	=	0,126	0,127	0,490	m	eccentricità longitudinale
e_{y0}	=	0,88	1,90	0,31	m	eccentricità trasversale
e/b	=	0,10	0,05	1,15		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0,12	0,05	1,83		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 73 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P09						
$(e/b)_y$	=	0,01	0,00	0,88		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
Buckling flessione deviata - verifica semplificata						
N_{Rd}	=	-	-	207358	kN	forza nominale resistente
a	=	-	-	1,50		esponente del dominio
M_{Rdx}	=	-	-	85460	kNm	momento resistente trasversale per pressoflessione retta
M_{Rdy}	=	-	-	64760	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0,54		se <1 verifica soddisfatta

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P11						
		Nmax	Mx,max	My,max		
R_{ck}	=	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29,05	29,05	29,05	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}	=	16,46	16,46	16,46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	=	37,05	37,05	37,05	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	=	32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	=	450,00	450,00	450,00	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
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_{vd}	=	0,00190	0,00190	0,00190		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria elemento						
d_x	=	2,95	2,95	2,95	m	altezza utile longitudinale
d_y	=	3,95	3,95	3,95	m	altezza utile trasversale
A_c	=	10,88	10,88	10,88	m ²	area sezione trasversale
L	=	19,06	19,06	19,06	m	altezza elemento
J_x	=	13,63	13,63	13,63	m ⁴	momento d'inerzia trasversale
J_y	=	7,22	7,22	7,22	m ⁴	momento d'inerzia longitudinale
i_x	=	0,81	0,81	0,81	m ⁴	raggio d'inerzia longitudinale
i_y	=	1,12	1,12	1,12	m ⁴	raggio d'inerzia trasversale
A_s	=	51698	51698	51698	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	=	0,11	0,11	0,11		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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 74 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P11						
L_{0x}	=	38,12	38,12	38,12	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	=	38,12	38,12	38,12	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	=	46,79	46,79	46,79		snellezza longitudinale
λ_y	=	34,06	34,06	34,06		snellezza trasversale
λ	=	46,79	46,79	46,79		snellezza massima
Valutazione della snellezza limite						
A	=	0,70	0,70	0,70		
B	=	1,11	1,11	1,11		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	=	0,1738	0,1572	0,1057		forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	26,03	27,37	33,38		snellezza limite
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}	=	0,06	0,06	0,06	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e_{iy}	=	0,06	0,06	0,06	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
Sollecitazioni						
N_{Ed}	=	31122,2	28155,3	18928,9	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	13379,4	39442,7	3549,3		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	13379,4	39442,7	3549,3		momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0,0	0,0	0,0		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	1126,6	1126,6	17255,1		momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	15357	41231	4752		minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	15357	41231	4752		massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	1977,29	1788,80	1202,61		minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	3103,86	2915,37	18457,73		massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	15356,7	41231,5	4751,9	kN	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	2653,2	2464,7	11555,7	kN	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente
Buckling						
n_u	=	1,1129	1,1129	1,1129		
n_{bal}	=	0,40	0,40	0,40		
K_r	=	1,317	1,341	1,413		coefficiente correttivo funzione del carico 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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 75 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)						
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE						
PILA P11						
$\varphi(\infty, t_0)$	=	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	=	0,183	0,183	0,183		
$K_{\phi,x}$	=	1,27153162	1,27153162	1,27153162		coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0,0014	0,0014	0,0014		
$(1/r)_x$	=	0,0024	0,0024	0,0026		curvatura longitudinale
e_{2x}	=	0,353	0,359	0,378	m	inflexione longitudinale
M_{2y}	=	10982,6	10110,9	7164,0	kNm	momento nominale del 2° ordine longitudinale
M_{Edy}	=	13635,9	12575,7	18719,7	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	=	0,268	0,268	0,268		
$K_{\phi,y}$	=	1,397	1,397	1,397		
$(1/r_0)_y$	=	0,001	0,001	0,001		curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0,002	0,002	0,002		curvatura trasversale
e_{2y}	=	0,290	0,295	0,311	m	inflexione trasversale
M_{2x}	=	9013,7	8298,3	5879,6	kNm	momento nominale del 2° ordine trasversale
M_{Edx}	=	24370,4	49529,7	10631,5	kNm	momento di progetto trasversale
Buckling flessione deviata - verifica geometrica						
$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1,37	1,37	1,37		rapporto di snellezza massimo (se ≤ 2 sufficiente verifica a flessione semplice)
$b_{x,eq}$	=	2,82	2,82	2,82	m	dimensione longitudinale equivalente
$b_{y,eq}$	=	3,88	3,88	3,88	m	dimensione trasversale equivalente
e_x	=	0,02	0,02	0,55	m	eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
e_y	=	0,43	1,40	0,19	m	eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
e_{x0}	=	0,085	0,088	0,610	m	eccentricità longitudinale
e_{y0}	=	0,49	1,46	0,25	m	eccentricità trasversale
e/b	=	0,13	0,04	1,77		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti
$(e/b)_x$	=	0,14	0,05	2,37		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni longitudinali
$(e/b)_y$	=	0,03	0,01	1,59		minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti con imperfezioni trasversali
Buckling flessione deviata - verifica semplificata						
N_{Rd}	=	-	-	199333	kN	forza nominale resistente
a	=	-	-	1,00		esponente del dominio
M_{Rdx}	=	-	-	67213	kNm	momento resistente trasversale per

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 76 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN PRESENZA DI CARICO ASSIALE (EC2 - § 5.8)
METODO DELLA CURVATURA NOMINALE
PILA P11

						pressoflessione retta
M_{Rdy}	=	-	-	50603	kNm	momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0,53		se <1 verifica soddisfatta

5.2.2 Verifica di resistenza per l'instabilità

Nella tabella xx e xx sono riportate le verifiche di resistenza a flessione deviata per i due gruppi di pile considerate. Le verifiche sono state condotte con l'ausilio del programma VcaSlu versione 7.6 così come già illustrato nel paragrafo per le verifiche a tensioni normali. Nei casi in cui il punto 5.8.9.3 dell'EN 1992 non era soddisfatto, oltre alla verifica semplificata del punto 5.8.9.4 dell'EN 1992, è stata condotta una ulteriore verifica a flessione deviata considerando il momento di calcolo amplificato nella direzione più sfavorevole.

Tabella 4.5.2 – Gruppo 1: Verifiche a di resistenza a flessione deviata considerando gli effetti del secondo ordine nella direzione più sfavorevole.

Gruppo 1 : PILE P01,P02,P11 e P12							Verifica Mrd>Med	
QUOTA z=0 m As=Ø22/10 (n. 136)								
COMB.	PILA	N	Mx	My	Mxrd	Myrd		
		KN	KNm	KNm	KNm	KNm		
Nmax	11	31122,15	24370,44	13635,88	64221	36615	ok	ok
Mxmax	11	28155,35	49529,74	1126,56	78848	2529	ok	ok
Mymax	11	18928,87	3549,25	18719,67	7570	50099	ok	ok

Tabella 4.5.3 – Gruppo 2: Verifiche a di resistenza a flessione deviata considerando gli effetti del secondo ordine nella direzione più sfavorevole.

Gruppo 2 : PILE P03, P04, P05, P06, P07, P08, P09, P10							Verifica Mrd>Med	
QUOTA z=0 m As=Ø26/10 (n. 136)								
COMB.	PILA	N	Mx	My	Mxrd	Myrd		
		KN	KNm	KNm	KNm	KNm		
Nmax	09	37410,67	60405,22	37367,52	73569	46606	ok	ok
Mxmax	09	34229,29	90462,49	681,01	97391	914,2	ok	ok
Mymax	09	23378,39	4558,88	33534,32	8171	64123	ok	ok
Nmax	08	37404,75	62682,51	37207,10	74580	45653	ok	ok
Mxmax	08	34209,80	94134,28	421,50	97371	914,5	ok	ok
Mymax	08	23366,00	4391,32	33524,36	8171	64111	ok	ok
Nmax	07	36924,59	60700,75	34323,68	76226	43610	ok	ok
Mxmax	07	33728,53	93579,20	164,56	96888	920	ok	ok
Mymax	07	23015,96	4484,61	31955,60	8177	63774	ok	ok
Mymax	03	19342,22	2272,75	21583,48	6129	60358	ok	ok
Mymax	04	21947,50	4834,80	28203,66	10269	62472	ok	ok

Concludendo, le verifiche effettuate sono tutte soddisfatte per cui per le pile progettate lo stato limite di instabilità è scongiurato nei confronti delle azioni di progetto.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 77 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.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.

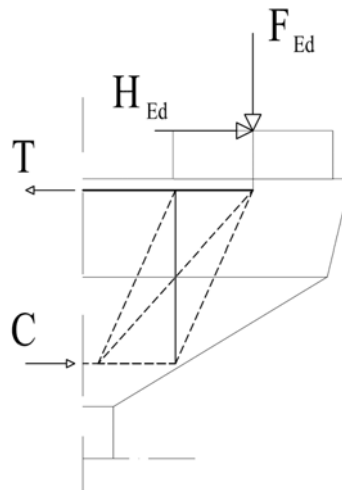


Figura 6-1 – Modello di calcolo: Strut and Tie.

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

F_{Ed} e quella orizzontale H_{Ed} .

Nel calcolo della forza H_{Ed} è stato portato in conto anche l'azione parassita dei vincoli.

RIEPILOGO Pulvini più sollecitati				
	$F_{Ed,max}$	$H_{Ed,max}$	Pila	comb
F_{Ed}	12883.9	401.9	P11	SLU-2
H_{Ed}	8645.5	816.3	P06	SLU-9

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

Materiali

R_{ck}	=	35	35 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ck}	=	29.05	29.05 MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{cd}	=	16.5	16.5 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{yd}	=	391.3	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo
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
$\sigma_{1Rd,max}$	=	20.20	20.20 MPa	resistenza a compressione per nodi compressi

Pila P11 P06

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 78 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Comb.		SLU-2	SLU-9	
F_{Ed}	=	12883.00	8645.50 kN	azione verticale di calcolo appoggio
H_{Ed}	=	401.94	816.26 kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

Geometria

a_c	=	1075	1075 mm	distanza asse appoggio 1 estradosso pila
B	=	3000	3000 mm	larghezza pulvino
h_c	=	3200	3200 mm	altezza pulvino
c	=	50	50 mm	copriferro
s	=	60	60 mm	altezza dente estradosso pulvino
b_1	=	1100	1100 mm	larghezza baggio
b_2	=	1100	1100 mm	lunghezza baggio
b_3	=	200	410 mm	altezza baggio
		Hbi	Hbe	id baggio
d	=	3150	3150 mm	altezza utile
z	=	2520	2520 mm	braccio della coppia interna
x_1	=	212.6	142.7 mm	larghezza collaborante pila
y_1	=	504.0	504.0 mm	altezza biella compressa
a	=	1181.3	1146.3 mm	distanza tra F_{Ed} e asse 1 larghezza pila collaborante
a_H	=	310	520 mm	distanza tra H_{Ed} e armatura
C	=	6089	4101 kN	risultante di compressione
T	=	6491	4918 kN	risultante di trazione

Verifiche Puntone-Tirante

σ_c	=	2.01	1.36 MPa	risultante di compressione
FS	=	10.03	14.89	risultante di trazione
n	=	40	30	numero ferri superiore
\varnothing	=	26	26 mm	diametro armatura superiore
A_s	=	21237.2	15927.9 mm ²	area armatura superiore
σ_s	=	306	309 MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	1.28	1.27	check (if >1 verified)

Armatura a Taglio

		orizzontali	orizzontali	disposizione staffe
F_{wd}	=	3887.5	2727.1 kN	risultante forza di taglio
n_w	=	8	8	numero staffe
s_w	=	200	200 mm	passo staffe
\varnothing_w	=	20	20 mm	diametro staffe
k_2	=	0.25	0.25	coefficiente per l'armatura a taglio minima
$A_{s,lnk}$	=	5309.3	3982.0 mm ²	armatura minima a taglio
A_{sw}	=	14844.8	14405.4 mm ²	armatura di progetto
σ_s	=	262	189 MPa	tensione di trazione staffe
FS	=	1.49	2.07	check (se >1 verificato)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 79 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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.

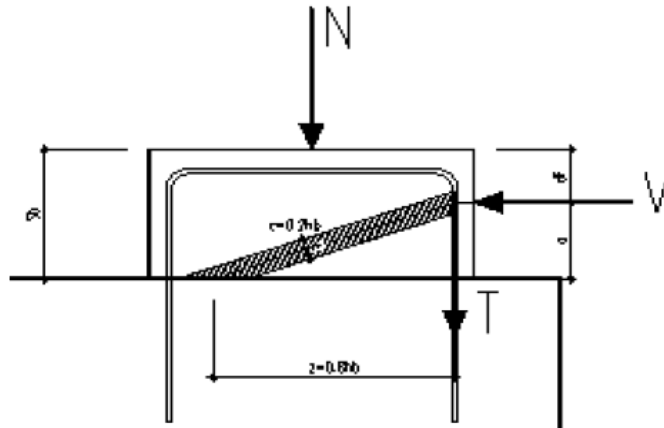


Figura 6-2 – Modello di calcolo: Strut and Tie.

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

RIEPILOGO Soli. Baggioli				
	F _{Ed,max}	H _{Ed,max}	Pila	comb
N=F _{Ed}	12883.9	401.9	P11	SLU-2
V=H _{Ed}	8645.5	816.3	P06	SLU-9

Materiali

R _{ck}	=	45	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{ck}	=	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{cd}	=	21.2	21.2	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
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}	=	24.99	24.99	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 80 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Pila		P11	P06		
Comb.		SLU-2	SLU-9		
$N=F_{Ed}$	=	12883.00	8645.50	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$V=H_{Ed}$	=	401.94	816.26	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

Verifica baggiolo

b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
b_2	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
b_3	=	200	410	mm	altezza baggiolo
c	=	30	30	mm	copriferro
d	=	1070	1070	mm	altezza utile
z	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
x_1	=	14.6	29.7	mm	larghezza collaborante
y_1	=	171.2	171.2	mm	altezza biella compressa
a	=	207.3	424.8		
α	=	0.24	0.46	rad	
C	=	413.56	911.26	kN	
T	=	97.34	405.12	kN	

Verifiche Puntone-Tirante

σ_c	=	1.10	2.42	MPa	risultante di compressione
FS	=	22.76	10.33		risultante di trazione
n	=	6	6		numero ferri superiore
\emptyset	=	20	20	mm	diametro armatura superiore
A_s	=	1885.0	1885.0	mm ²	area armatura superiore
σ_s	=	52	215	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	7.58	1.82		check (if >1 verified)

Verifiche armatura a fenditura

b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
b_3	=	200	410	mm	altezza baggiolo
b_0	=	950	950	mm	larghezza appoggio
T	=	532	357	kN	
A_s	=	1360	913	mmq	armatura necessaria
p	=	200	200	mm	passo
n	=	1	2		numero ferri vert.
n	=	8	8		numero ferri orizzont
\emptyset_w	=	16	16	mm	diametro staffe
A_{sw}	=	1608.5	3297.4	mm ²	armatura di progetto
		1.18	3.61		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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 81 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

7 ANALSI DELLE PALIFICATE

Si riportano le azioni agenti a quota intradosso plinto di fondazione delle pile. Tali azioni sono riferite al baricentro delle palificate.

Di seguito si indica con:

F_x = azione longitudinale;

F_y = azione trasversale;

F_z = azione verticale;

M_x = momento trasversale;

M_y = momento longitudinale.

g1 = peso proprio impalcato e pila;

g2 = permanenti portati su impalcato + peso terreno di ricoprimento plinti;

e2 = ritiro soletta impalcato;

e3 = effetti termici impalcato;

q1.1 = carichi mobili – massime azioni verticali;

q1.2 = carichi mobili – massima azione trasversale;

q3 = frenatura;

q4 = azione centrifuga;

q5 = azione del vento sull'impalcato e sulle pile;

q6.1 = sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;

q6.2 = 0.3 sisma longitudinale + sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;

q6.3 = 0.3 sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + sisma verticale;

q7 = resistenza parassita dei vincoli (1% dei carichi permanenti).

La convenzione sui segni delle azioni è la medesima di quella già esplicitata ai paragrafi precedenti.

7.1 Azioni nelle condizioni elementari di carico

pila	Condizione elementare di carico	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
P01	g1	0.0	0.0	23078.8	0.0	0.0
P01	g2	0.0	0.0	4871.1	0.0	0.0
P01	e2	163.1	0.0	528.3	0.0	1217.0
P01	e3	163.1	0.0	528.3	0.0	1217.0
P01	q1.1	0.0	3.0	3415.8	9514.1	0.0
P01	q1.2	0.0	1.3	4473.8	3216.1	0.0
P01	q3	89.5	0.0	0.0	0.0	667.6
P01	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P01	q5	0.0	769.9	0.0	9251.0	0.0
P01	q6.1	732.6	94.1	-279.9	1127.8	4720.9
P01	q6.2	219.6	314.1	-279.9	2278.2	1963.7
P01	q6.3	219.6	94.1	-933.9	1127.8	1414.8
P01	q7	103.7	0.0	0.0	0.0	773.5
P02	g1	0.0	0.0	26214.1	0.0	0.0
P02	g2	0.0	0.0	5076.5	0.0	0.0
P02	e2	121.6	0.0	-80.8	0.0	1783.1
P02	e3	121.6	0.0	-80.8	0.0	1783.1
P02	q1.1	0.0	15.1	3720.4	10246.8	0.0

pila	Condizione elementare di carico	Fx	Fy	Fz	Mx	My
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
P02	q1.2	0.0	12.5	4886.2	6906.2	0.0
P02	q3	82.4	0.0	0.0	0.0	1207.4
P02	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P02	q5	0.0	1064.7	0.0	19819.3	0.0
P02	q6.1	1042.3	165.6	-350.2	2813.7	12287.2
P02	q6.2	312.4	552.7	-350.2	7131.2	4463.3
P02	q6.3	312.4	165.6	-1168.7	2813.7	3682.4
P02	q7	115.5	0.0	0.0	0.0	1693.2
P03	g1	0.0	0.0	27404.6	0.0	0.0
P03	g2	0.0	0.0	5023.9	0.0	0.0
P03	e2	84.3	0.0	20.9	0.0	1640.4
P03	e3	84.3	0.0	20.9	0.0	1640.4
P03	q1.1	0.0	13.5	3658.0	10075.8	0.0
P03	q1.2	0.0	18.9	4940.1	6746.3	0.0
P03	q3	74.3	0.0	0.0	0.0	1445.8
P03	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P03	q5	0.0	1198.7	0.0	27562.8	0.0
P03	q6.1	1051.6	183.3	-377.4	3893.7	16557.8
P03	q6.2	315.1	611.7	-377.4	10519.3	5750.1
P03	q6.3	315.1	183.3	-1259.4	3893.7	4962.3
P03	q7	112.5	0.0	0.0	0.0	2188.6
P04	g1	0.0	0.0	29987.9	0.0	0.0
P04	g2	0.0	0.0	5037.4	0.0	0.0
P04	e2	45.1	0.0	-5.4	0.0	1256.8
P04	e3	45.1	0.0	-5.4	0.0	1256.8
P04	q1.1	0.0	35.7	3585.8	9029.4	0.0
P04	q1.2	0.0	16.0	4978.1	2534.7	0.0
P04	q3	56.7	0.0	0.0	0.0	1579.2
P04	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P04	q5	0.0	1182.8	0.0	35345.7	0.0
P04	q6.1	662.7	163.5	-375.6	4721.0	15610.1
P04	q6.2	198.6	545.5	-375.6	13450.1	5174.7
P04	q6.3	198.6	163.5	-1253.2	4721.0	4678.3
P04	q7	113.2	0.0	0.0	0.0	3155.0
P05	g1	0.0	0.0	30452.3	0.0	0.0
P05	g2	0.0	0.0	5034.0	0.0	0.0
P05	e2	24.5	0.0	1.4	0.0	722.6
P05	e3	24.5	0.0	1.4	0.0	722.6
P05	q1.1	0.0	17.6	3489.7	9097.0	0.0
P05	q1.2	0.0	20.3	4982.5	2958.2	0.0
P05	q3	53.4	0.0	0.0	0.0	1571.9
P05	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P05	q5	0.0	1216.2	0.0	38080.9	0.0
P05	q6.1	589.2	150.5	-370.8	4580.1	14865.6
P05	q6.2	176.6	502.1	-370.8	13100.3	4896.6
P05	q6.3	176.6	150.5	-1237.4	4580.1	4455.1
P05	q7	113.0	0.0	0.0	0.0	3330.4

pila	Condizione elementare di carico	Fx	Fy	Fz	Mx	My
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
P06	g1	0.0	0.0	30696.0	0.0	0.0
P06	g2	0.0	0.0	5034.8	0.0	0.0
P06	e2	6.5	0.0	-0.3	0.0	195.9
P06	e3	6.5	0.0	-0.3	0.0	195.9
P06	q1.1	0.0	12.2	3487.7	9243.3	0.0
P06	q1.2	0.0	19.8	4984.8	2959.4	0.0
P06	q3	51.7	0.0	0.0	0.0	1565.5
P06	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P06	q5	0.0	1243.3	0.0	39815.0	0.0
P06	q6.1	553.6	143.7	-368.8	4481.8	14459.1
P06	q6.2	165.9	479.5	-368.8	12833.8	4748.1
P06	q6.3	165.9	143.7	-1230.4	4481.8	4333.3
P06	q7	113.1	0.0	0.0	0.0	3422.3
P07	g1	0.0	0.0	31056.0	0.0	0.0
P07	g2	0.0	0.0	5034.8	0.0	0.0
P07	e2	10.3	0.0	-0.3	0.0	323.6
P07	e3	10.3	0.0	-0.3	0.0	323.6
P07	q1.1	0.0	14.2	3483.9	9160.4	0.0
P07	q1.2	0.0	20.9	4984.7	2898.9	0.0
P07	q3	49.3	0.0	0.0	0.0	1550.7
P07	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P07	q5	0.0	1246.5	0.0	41118.2	0.0
P07	q6.1	505.8	138.3	-370.7	4473.5	13900.4
P07	q6.2	151.6	461.6	-370.7	12846.2	4544.9
P07	q6.3	151.6	138.3	-1236.9	4473.5	4165.9
P07	q7	113.1	0.0	0.0	0.0	3558.0
P08	g1	0.0	0.0	31412.3	0.0	0.0
P08	g2	0.0	0.0	5034.0	0.0	0.0
P08	e2	25.5	0.0	1.4	0.0	831.2
P08	e3	25.5	0.0	1.4	0.0	831.2
P08	q1.1	0.0	22.4	3488.7	8878.0	0.0
P08	q1.2	0.0	47.1	4982.3	5557.2	0.0
P08	q3	46.9	0.0	0.0	0.0	1531.3
P08	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P08	q5	0.0	1225.0	0.0	41491.9	0.0
P08	q6.1	466.3	127.6	-376.0	4264.0	13444.7
P08	q6.2	139.7	425.8	-376.0	12223.3	4378.6
P08	q6.3	139.7	127.6	-1254.7	4264.0	4029.3
P08	q7	113.0	0.0	0.0	0.0	3692.1
P09	g1	0.0	0.0	31428.1	0.0	0.0
P09	g2	0.0	0.0	5037.4	0.0	0.0
P09	e2	41.1	0.0	-5.4	0.0	1343.6
P09	e3	41.1	0.0	-5.4	0.0	1343.6
P09	q1.1	0.0	33.1	3491.2	8521.6	0.0
P09	q1.2	0.0	25.2	4977.9	2729.2	0.0
P09	q3	46.8	0.0	0.0	0.0	1529.9
P09	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

pila	Condizione elementare di carico	Fx	Fy	Fz	Mx	My
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
P09	q5	0.0	1186.7	0.0	39990.7	0.0
P09	q6.1	465.8	127.2	-383.2	4252.4	13432.4
P09	q6.2	139.6	424.4	-383.2	12169.9	4374.6
P09	q6.3	139.6	127.2	-1278.7	4252.4	4025.6
P09	q7	113.2	0.0	0.0	0.0	3698.6
P10	g1	0.0	0.0	29203.8	0.0	0.0
P10	g2	0.0	0.0	5023.8	0.0	0.0
P10	e2	75.3	0.0	20.9	0.0	1916.4
P10	e3	75.3	0.0	20.9	0.0	1916.4
P10	q1.1	0.0	19.7	3575.2	9567.0	0.0
P10	q1.2	0.0	15.7	4939.6	3150.9	0.0
P10	q3	61.9	0.0	0.0	0.0	1575.9
P10	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P10	q5	0.0	1225.1	0.0	34379.5	0.0
P10	q6.1	781.9	179.1	-382.7	4758.2	16575.8
P10	q6.2	234.3	597.7	-382.7	13426.0	5553.5
P10	q6.3	234.3	179.1	-1277.0	4758.2	4967.7
P10	q7	112.5	0.0	0.0	0.0	2863.3
P11	g1	0.0	0.0	26935.3	0.0	0.0
P11	g2	0.0	0.0	5076.7	0.0	0.0
P11	e2	122.6	0.0	-80.8	0.0	2091.5
P11	e3	122.6	0.0	-80.8	0.0	2091.5
P11	q1.1	0.0	9.5	3685.5	10187.5	0.0
P11	q1.2	0.0	6.3	4886.2	3441.8	0.0
P11	q3	78.7	0.0	0.0	0.0	1343.1
P11	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P11	q5	0.0	1123.9	0.0	23406.0	0.0
P11	q6.1	1057.6	177.3	-352.5	3413.7	14564.0
P11	q6.2	317.0	591.7	-352.5	9030.3	5157.2
P11	q6.3	317.0	177.3	-1176.1	3413.7	4364.7
P11	q7	115.5	0.0	0.0	0.0	1970.5
P12	g1	0.0	0.0	24517.6	0.0	0.0
P12	g2	0.0	0.0	4871.0	0.0	0.0
P12	e2	162.8	0.0	528.3	0.0	1995.3
P12	e3	162.8	0.0	528.3	0.0	1995.3
P12	q1.1	0.0	12.4	3412.4	9328.3	0.0
P12	q1.2	0.0	3.3	4473.3	2587.7	0.0
P12	q3	85.6	0.0	0.0	0.0	1048.9
P12	q4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P12	q5	0.0	809.5	0.0	13152.8	0.0
P12	q6.1	1002.9	145.1	-282.6	2176.3	9872.4
P12	q6.2	300.6	484.0	-282.6	5345.3	3710.1
P12	q6.3	300.6	145.1	-942.8	2176.3	2958.7
P12	q7	103.7	0.0	0.0	0.0	1146.7

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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 85 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

7.2 Azioni nelle combinazioni di carico

Le azioni riportate per ciascuna pila al paragrafo precedente sono state combinate attraverso i coefficienti riportati nella tabella seguente. In particolare, sono state considerate n. 14 combinazioni di carico, di cui n. 11 statiche e n. 3 sismiche.

Tabella 7.1 - Matrice dei coefficienti di combinazione dei carichi.

	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLV-1	SLV-2	SLV-3
g1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1
g2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1
e2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0	0	0
e3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0	0	0
q1.1	0	1.35	0	1.01	0	1.01	0	1.01	0.00	1.01	0.00	0.2	0.2	0.2
q1.2	0	0	1.35	0	1.01	0	1.01	0	1.01	0	1.01	0	0	0
q3	0	0	0	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4	0	0	0	0	0	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0
q5	0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5	1.5	-1.5	-1.5	0	0	0
q6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
q6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
q6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
q7	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

Tabella 7.2 - Azioni sulle palificate nelle combinazioni di carico.

PILA		SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLV-1	SLV-2	SLV-3	
P01	Fx	516.0	516.0	516.0	650.2	650.2	516.0	516.0	516.0	516.0	516.0	516.0	516.0	857	344	344
	Fy	0.0	697.0	694.7	696.0	694.3	696.0	694.3	1157.9	1156.2	-1151.7	-1153.5	95	315	95	
	Fz	39000.3	43611.6	45039.9	42458.8	43530.0	42458.8	43530.0	42458.8	43530.0	42458.8	43530.0	28353	28353	27699	
	Mx	0.0	21169.9	12667.6	17958.9	11582.2	17958.9	11582.2	23509.5	17132.8	-4243.5	-10620.2	3031	4181	3031	
	My	3849.0	3849.0	3849.0	4850.5	4850.5	3849.0	3849.0	3849.0	3849.0	3849.0	3849.0	3849.0	5649	2892	2343
P02	Fx	430.5	430.5	430.5	554.0	554.0	430.5	430.5	430.5	430.5	430.5	430.5	1181	451	451	
	Fy	0.0	978.7	975.1	973.5	970.9	973.5	970.9	1612.4	1609.7	-1581.7	-1584.4	169	556	169	
	Fz	42048.5	47071.0	48644.9	45815.4	46995.8	45815.4	46995.8	45815.4	46995.8	45815.4	46995.8	31685	31685	30866	
	Mx	0.0	31670.6	27160.8	28212.3	24830.0	28212.3	24830.0	40103.9	36721.6	-19354.1	-22736.4	4863	9181	4863	
	My	6311.2	6311.2	6311.2	8122.3	8122.3	6311.2	6311.2	6311.2	6311.2	6311.2	6311.2	6311.2	14319	6495	5714
P03	Fx	337.3	337.3	337.3	448.7	448.7	337.3	337.3	337.3	337.3	337.3	337.3	1187	450	450	
	Fy	0.0	1097.1	1104.3	1092.6	1098.0	1092.6	1098.0	1811.8	1817.2	-1784.4	-1779.0	186	614	186	
	Fz	43828.5	48766.8	50497.6	47532.2	48830.3	47532.2	48830.3	47532.2	48830.3	47532.2	48830.3	32783	32783	31901	
	Mx	0.0	38408.8	33914.1	35008.2	31637.2	35008.2	31637.2	51545.9	48174.8	-31142.4	-34513.5	5909	12535	5909	
	My	6563.4	6563.4	6563.4	8732.1	8732.1	6563.4	6563.4	6563.4	6563.4	6563.4	6563.4	6563.4	19184	8376	7589
P04	Fx	244.2	244.2	244.2	329.2	329.2	244.2	244.2	244.2	244.2	244.2	244.2	799	334	334	
	Fy	0.0	1112.7	1086.1	1100.6	1080.7	1100.6	1080.7	1810.3	1790.4	-1738.1	-1758.0	171	553	171	
	Fz	47271.1	52111.9	53991.6	50901.7	52311.4	50901.7	52311.4	50901.7	52311.4	50901.7	52311.4	35367	35367	34489	
	Mx	0.0	44000.9	35233.1	40953.4	34377.6	40953.4	34377.6	62160.9	55585.0	-43876.3	-50452.2	6527	15256	6527	
	My	6802.3	6802.3	6802.3	9171.0	9171.0	6802.3	6802.3	6802.3	6802.3	6802.3	6802.3	6802.3	19396	8961	8464
P05	Fx	194.5	194.5	194.5	274.6	274.6	194.5	194.5	194.5	194.5	194.5	194.5	725	312	312	
	Fy	0.0	1118.3	1122.0	1112.4	1115.1	1112.4	1115.1	1842.1	1844.8	-1806.4	-1803.6	154	506	154	
	Fz	47909.8	52620.8	54636.1	51443.0	52954.5	51443.0	52954.5	51443.0	52954.5	51443.0	52954.5	35813	35813	34947	
	Mx	0.0	46553.7	38266.4	43483.5	37268.0	43483.5	37268.0	66332.1	60116.6	-47910.7	-54126.2	6400	14920	6400	
	My	5730.7	5730.7	5730.7	8088.7	8088.7	5730.7	5730.7	5730.7	5730.7	5730.7	5730.7	5730.7	18862	8893	8452

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo		
	Relazione di Calcolo Pile		
	Pagina 86 di 156		
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc		

P06	Fx	151.3	151.3	151.3	228.9	228.9	151.3	151.3	151.3	151.3	151.3	151.3	689	302	302
	Fy	0.0	1135.4	1145.6	1131.3	1138.9	1131.3	1138.9	1877.2	1884.9	-1852.5	-1844.9	146	482	146
	Fz	48235.9	52944.3	54965.3	51767.2	53283.0	51767.2	53283.0	51767.2	53283.0	51767.2	53283.0	36060	36060	35198
	Mx	0.0	48312.0	39828.7	45192.4	38829.9	45192.4	38829.9	69081.4	62718.9	-50363.7	-56726.1	6330	14682	6330
	My	4576.9	4576.9	4576.9	6925.2	6925.2	4576.9	4576.9	4576.9	4576.9	4576.9	4576.9	18566	8855	8440
P07	Fx	160.4	160.4	160.4	234.3	234.3	160.4	160.4	160.4	160.4	160.4	160.4	642	287	287
	Fy	0.0	1141.0	1150.0	1136.2	1143.0	1136.2	1143.0	1884.1	1890.8	-1855.3	-1848.5	141	464	141
	Fz	48721.9	53425.1	55451.2	52249.3	53768.9	52249.3	53768.9	52249.3	53768.9	52249.3	53768.9	36417	36417	35551
	Mx	0.0	49372.9	40919.9	46281.3	39941.5	46281.3	39941.5	70952.2	64612.5	-52402.5	-58742.2	6306	14678	6306
	My	5046.3	5046.3	5046.3	7372.4	7372.4	5046.3	5046.3	5046.3	5046.3	5046.3	5046.3	18170	8814	8435
P08	Fx	196.7	196.7	196.7	267.1	267.1	196.7	196.7	196.7	196.7	196.7	196.7	602	275	275
	Fy	0.0	1132.8	1166.2	1125.2	1150.2	1125.2	1150.2	1860.2	1885.3	-1814.8	-1789.8	132	430	132
	Fz	49205.7	53915.4	55931.7	52737.9	54250.2	52737.9	54250.2	52737.9	54250.2	52737.9	54250.2	36768	36768	35889
	Mx	0.0	49328.0	44844.9	46331.7	42969.4	46331.7	42969.4	71226.8	67864.5	-53248.8	-56611.1	6040	13999	6040
	My	6425.5	6425.5	6425.5	8722.3	8722.3	6425.5	6425.5	6425.5	6425.5	6425.5	6425.5	17875	8809	8460
P09	Fx	234.6	234.6	234.6	304.9	304.9	234.6	234.6	234.6	234.6	234.6	234.6	602	276	276
	Fy	0.0	1112.6	1102.0	1101.5	1093.5	1101.5	1093.5	1813.5	1805.5	-1746.5	-1754.5	134	431	134
	Fz	49215.5	53928.6	55935.6	52750.3	54255.6	52750.3	54255.6	52750.3	54255.6	52750.3	54255.6	36781	36781	35885
	Mx	0.0	47495.8	39676.0	44619.7	38754.9	44619.7	38754.9	68614.1	62749.3	-51357.8	-57222.6	5957	13874	5957
	My	7663.1	7663.1	7663.1	9957.9	9957.9	7663.1	7663.1	7663.1	7663.1	7663.1	7663.1	17871	8813	8464
P10	Fx	315.6	315.6	315.6	408.5	408.5	315.6	315.6	315.6	315.6	315.6	315.6	917	369	369
	Fy	0.0	1129.3	1123.8	1122.6	1118.5	1122.6	1118.5	1857.7	1853.6	-1817.7	-1821.8	183	602	183
	Fz	46257.3	51083.9	52925.8	49877.3	51258.7	49877.3	51258.7	49877.3	51258.7	49877.3	51258.7	34560	34560	33666
	Mx	0.0	43857.0	35195.2	40628.2	34131.8	40628.2	34131.8	61255.9	54759.5	-41882.6	-48379.0	6672	15339	6672
	My	8035.4	8035.4	8035.4	10399.3	10399.3	8035.4	8035.4	8035.4	8035.4	8035.4	8035.4	20012	8989	8404
P11	Fx	432.8	432.8	432.8	550.9	550.9	432.8	432.8	432.8	432.8	432.8	432.8	1196	456	456
	Fy	0.0	1024.4	1020.0	1021.2	1017.9	1021.2	1017.9	1695.5	1692.3	-1676.3	-1679.5	179	594	179
	Fz	43022.4	47997.9	49618.8	46754.0	47969.7	46754.0	47969.7	46754.0	47969.7	46754.0	47969.7	32397	32397	31573
	Mx	0.0	34818.5	25711.9	31380.2	24550.3	31380.2	24550.3	45423.8	38593.9	-24794.2	-31624.1	5451	11068	5451
	My	7384.1	7384.1	7384.1	9398.9	9398.9	7384.1	7384.1	7384.1	7384.1	7384.1	7384.1	16929	7522	6729
P12	Fx	515.0	515.0	515.0	643.3	643.3	515.0	515.0	515.0	515.0	515.0	515.0	1127	425	425
	Fy	0.0	745.3	733.1	741.1	731.9	741.1	731.9	1226.8	1217.7	-1201.8	-1210.9	148	486	148
	Fz	40942.4	45549.1	46981.4	44397.5	45471.6	44397.5	45471.6	44397.5	45471.6	44397.5	45471.6	29788	29788	29128
	Mx	0.0	24430.7	15330.9	21282.4	14457.5	21282.4	14457.5	29174.0	22349.2	-10284.3	-17109.1	4042	7211	4042
	My	6164.8	6164.8	6164.8	7738.1	7738.1	6164.8	6164.8	6164.8	6164.8	6164.8	6164.8	11248	5086	4335

7.3 Azioni sui pali

Nell'ipotesi di plinto di fondazione infinitamente rigido, le azioni assiali alla testa dei pali sono state determinate attraverso la seguente espressione:

$$N = \frac{F_z}{n} + \frac{M_x}{J_x} + \frac{M_y}{J_y}$$

dove:

N = azione assiale alla testa del singolo palo (>0 se di compressione);

n = numero di pali che compongono la palificata;

Fz = azione verticale sulla palificata;

Mx = momento trasversale;

My = momento longitudinale;

$$J_x = \sum_{j=1}^n y_j^2$$

$$J_y = \sum_{j=1}^n x_j^2$$

x_j, y_j = ascissa e ordinata del palo j-esimo nel sistema di riferimento avente per origine il baricentro della palificata.

Le palificate delle pile presentano diverse geometria in pianta. Le palificate sono costituite da pali Ø1500 ma, con geometrie e numeri di pali differenti. Nel seguito si descrivono le tipologie di plinto e palificata associata:

Fondazione tipo A

Il plinto ha dimensioni in pianta 12.00 × 12.00 m con un'altezza di 2.50 m. La palificata è costituita da n. 9 pali Ø1500 posti ad interasse di 4.50 m.

Geometria della palificata				
PALO	X	Y	trasversale Jxi	longitudinale Jyi
1	-4.50	-4.50	20.25	20.25
2	-4.50	0.00	0.00	20.25
3	-4.50	4.50	20.25	20.25
4	0.00	-4.50	20.25	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	4.50	20.25	0.00
7	4.50	-4.50	20.25	20.25
8	4.50	0.00	0.00	20.25
9	4.50	4.50	20.25	20.25

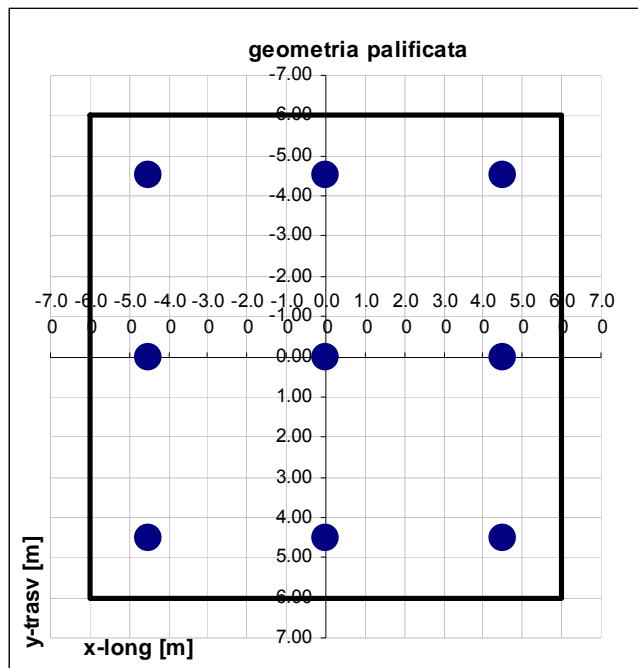


Figura 7-1 - Geometria palificata tipo A.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 88 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Fondazione tipo B

Il plinto ha dimensioni in pianta 12.00 × 10.65 m con un'altezza di 2.50 m. La palificata è costituita da n. 8 pali Ø1500 posti ad interasse di 4.50 m.

Geometria della palificata				
PALO	X	Y	trasversale	longitudinale
			Jxi	Jyi
1	-3.83	-4.50	20.25	14.63
2	-3.83	0.00	0.00	14.63
3	-3.83	4.50	20.25	14.63
4	0.00	-2.25	5.06	0.00
5	0.00	2.25	5.06	0.00
6	3.83	-4.50	20.25	14.63
7	3.83	0.00	0.00	14.63
8	3.83	4.50	20.25	14.63

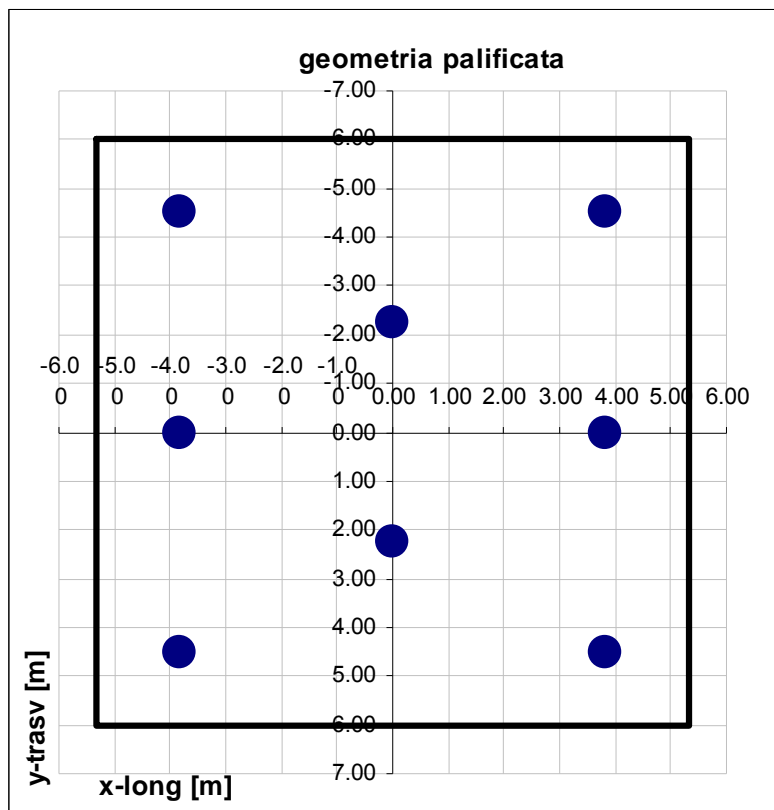


Figura 7-2 - Geometria palificata tipo B.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 89 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Fondazione tipo C

Il plinto ha dimensioni in pianta 12.00 × 7.50 m con un'altezza di 2.50 m. La palificata è costituita da n. 6 pali Ø1500 posti ad interasse di 4.50 m.

Geometria della palificata				
PALO	X	Y	trasversale	longitudinale
			Jxi	Jyi
1	-2.25	-4.50	20.25	5.06
2	-2.25	0.00	0.00	5.06
3	-2.25	4.50	20.25	5.06
4	2.25	-4.50	20.25	5.06
5	2.25	0.00	0.00	5.06
6	2.25	4.50	20.25	5.06

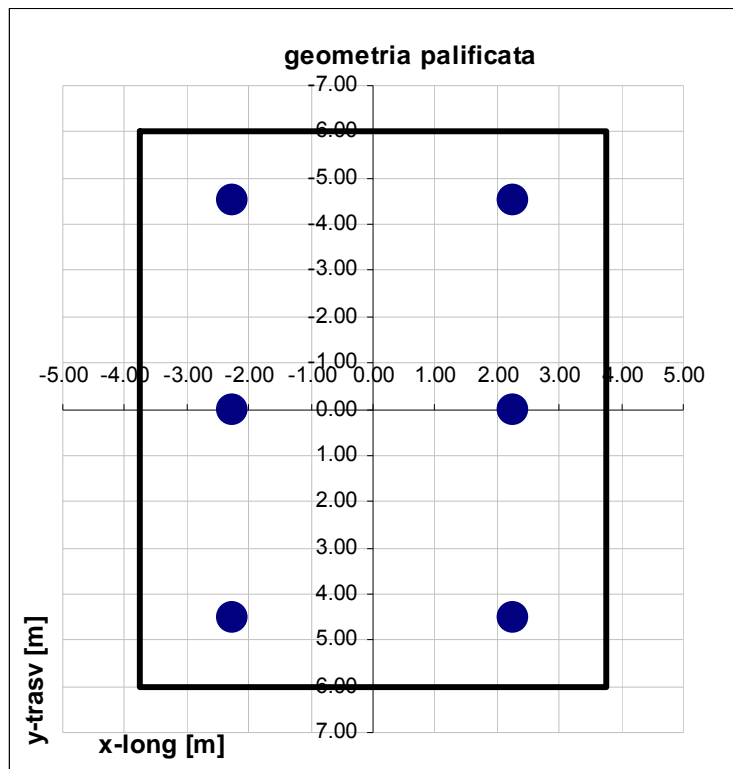


Figura 7-3 - Geometria palificata tipo C.

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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 90 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Fondazione tipo D

Il plinto ha dimensioni in pianta 10.80 × 7.50 m con un'altezza di 2.50 m. La palificata è costituita da n. 5 pali Ø1500 posti ad interasse di 4.50 m.

Geometria della palificata				
PALO	X	Y	trasversale	longitudinale
			Jxi	Jyi
1	-2.25	-3.90	15.21	5.06
2	-2.25	3.90	15.21	5.06
3	0.00	0.00	0.00	0.00
4	2.25	-3.90	15.21	5.06
5	2.25	3.90	15.21	5.06

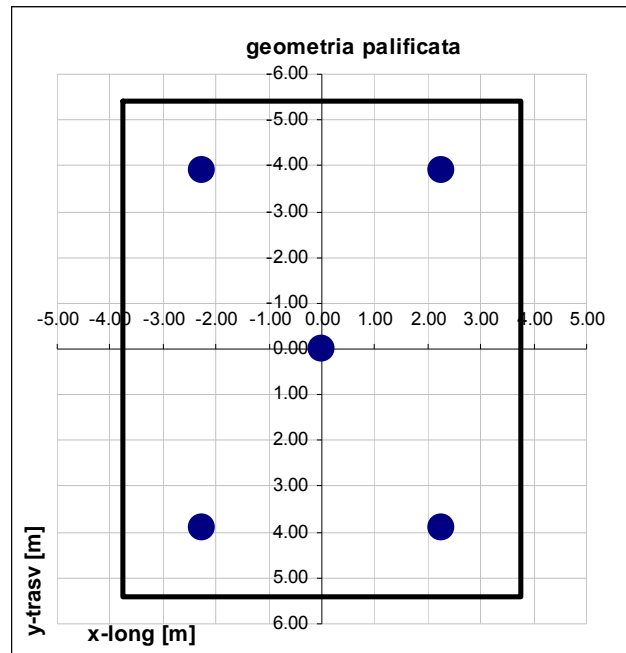


Figura 7-4 - Geometria palificata tipo D.

Si riassumono nella tabella seguente le azioni alla testa dei pali di fondazione delle pile.

Tabella 7.3 - Azioni assiali sui pali.

PILA	PALO	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLV-1	SLV-2	SLV-3
P01	1	6284	5849	6680	5936	6559	5824	6447	5469	6092	7248	7871	4664	4284	4166
	2	6284	8563	8304	8238	8044	8127	7932	8483	8288	6704	6509	5053	4820	4555
	3	5856	6779	7064	6548	6762	6548	6762	6548	6762	6548	6762	4231	4231	4100
	4	5429	4994	5825	4858	5481	4969	5592	4613	5236	6392	7015	3409	3641	3645
	5	5429	7708	7449	7160	6966	7272	7077	7627	7433	5848	5654	3797	4177	4034
P02	1	6019	5096	5609	5213	5598	5079	5464	4419	4803	7722	8106	4992	4173	4218
	2	6019	6856	7118	6781	6977	6647	6843	6647	6843	6647	6843	5262	4683	4489
	3	6019	8615	8627	8348	8357	8214	8223	8875	8883	5571	5580	5532	5193	4759
	4	5084	4161	4674	4010	4395	4144	4529	3484	3868	6787	7171	2871	3210	3372

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 91 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	PALO	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLV-1	SLV-2	SLV-3
	5	5084	5921	6183	5577	5774	5712	5908	5712	5908	5712	5908	3141	3721	3642
	6	5084	7680	7692	7145	7154	7279	7288	7940	7948	4636	4645	3411	4231	3912
P03	1	5185	3906	4344	4014	4343	3920	4248	3103	3432	7186	7515	4213	3415	3597
	2	5185	5803	6019	5743	5905	5648	5811	5648	5811	5648	5811	4505	4034	3889
	3	5185	7699	7694	7472	7468	7377	7373	8194	8190	4111	4106	4797	4653	4181
	4	4899	4568	4896	4498	4744	4498	4744	4090	4335	6131	6377	3523	3359	3413
	5	4899	6465	6570	6227	6306	6227	6306	6635	6714	4593	4673	3815	3978	3705
	6	4613	3334	3772	3253	3582	3348	3676	2531	2860	6614	6943	2541	2685	2936
	7	4613	5231	5447	4982	5144	5076	5239	5076	5239	5076	5239	2833	3304	3228
	8	4613	7127	7122	6711	6707	6805	6801	7622	7618	3539	3534	3125	3923	3520
P04sx	1	5626	4058	4726	4161	4662	4058	4559	3010	3511	8247	8748	4515	3629	3929
	2	5626	6231	6466	6183	6359	6080	6256	6080	6256	6080	6256	4837	4382	4251
	3	5626	8404	8206	8206	8057	8102	7954	9150	9001	3913	3765	5159	5136	4573
	4	5330	4848	5300	4772	5111	4772	5111	4249	4587	6867	7206	3831	3615	3721
	5	5330	7021	7040	6795	6809	6795	6809	7318	7332	4700	4714	4153	4369	4043
	6	5033	3466	4134	3362	3863	3465	3966	2418	2918	7654	8155	2824	2848	3191
	7	5033	5638	5873	5384	5560	5487	5663	5487	5663	5487	5663	3147	3601	3513
	8	5033	7811	7613	7406	7258	7510	7361	8557	8408	3320	3172	3469	4355	3836
P04dx	1	5185	4093	4627	4159	4560	4072	4472	3286	3686	7214	7614	4170	3460	3667
	2	5185	5723	5932	5676	5833	5589	5745	5589	5745	5589	5745	4412	4025	3909
	3	5185	7353	7237	7193	7106	7105	7018	7891	7804	3963	3877	4653	4590	4151
	4	4933	3841	4375	3820	4220	3820	4220	3034	3435	6962	7362	3452	3128	3354
	5	4933	5471	5680	5337	5493	5337	5493	5337	5493	5337	5493	3693	3693	3596
	6	4933	7101	6985	6853	6766	6853	6766	7639	7552	3712	3625	3935	4258	3837
	7	4681	3589	4123	3480	3880	3568	3968	2782	3183	6710	7110	2733	2796	3041
	8	4681	5219	5428	4997	5154	5085	5241	5085	5241	5085	5241	2975	3361	3282
	9	4681	6849	6733	6514	6427	6601	6515	7387	7300	3460	3373	3217	3926	3524
P05	1	5659	3949	4610	4056	4552	3954	4450	2825	3321	8467	8963	4554	3698	3992
	2	5659	6248	6500	6204	6393	6101	6290	6101	6290	6101	6290	4870	4435	4308
	3	5659	8547	8390	8351	8233	8248	8130	9377	9259	3735	3617	5186	5172	4624
	4	5410	4849	5306	4778	5120	4778	5120	4213	4556	7034	7377	3890	3679	3781
	5	5410	7148	7195	6925	6960	6925	6960	7489	7525	4668	4704	4206	4416	4097
	6	5160	3450	4111	3351	3847	3454	3950	2326	2822	7968	8463	2910	2923	3255
	7	5160	5749	6001	5499	5688	5602	5791	5602	5791	5602	5791	3226	3660	3571
	8	5160	8048	7890	7646	7528	7749	7631	8877	8759	3236	3118	3542	4397	3887
P06	1	5650	3853	4524	3962	4465	3860	4363	2680	3183	8578	9082	4575	3739	4026
	2	5650	6238	6491	6194	6383	6091	6281	6091	6281	6091	6281	4887	4464	4339
	3	5650	8624	8458	8425	8301	8323	8198	9503	9378	3604	3479	5200	5189	4651
	4	5450	4846	5308	4776	5123	4776	5123	4186	4533	7135	7482	3922	3716	3814
	5	5450	7232	7275	7008	7040	7008	7040	7598	7630	4648	4681	4235	4441	4127
	6	5251	3454	4125	3358	3862	3461	3964	2281	2785	8179	8683	2957	2968	3290
	7	5251	5840	6092	5590	5780	5692	5882	5692	5882	5692	5882	3270	3693	3603
	8	5251	8225	8059	7822	7697	7924	7799	9104	8979	3205	3081	3582	4418	3916
P07	1	5319	3647	4248	3757	4208	3654	4104	2557	3008	8040	8490	4337	3549	3808
	2	5319	5841	6066	5814	5983	5711	5879	5711	5879	5711	5879	4617	4202	4089
	3	5319	8036	7885	7871	7758	7768	7655	8864	8751	3382	3269	4898	4854	4369
	4	5094	3423	4023	3429	3880	3429	3880	2333	2784	7815	8266	3530	3158	3433
	5	5094	5617	5842	5486	5655	5486	5655	5486	5655	5486	5655	3810	3810	3714
	6	5094	7811	7661	7543	7430	7543	7430	8640	8527	3157	3044	4090	4462	3994

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 92 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	PALO	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLV-1	SLV-2	SLV-3
	7	4870	3198	3799	3102	3552	3205	3656	2109	2559	7591	8042	2722	2766	3059
	8	4870	5393	5618	5159	5328	5262	5431	5262	5431	5262	5431	3002	3418	3339
	9	4870	7587	7436	7216	7103	7319	7206	8415	8303	2933	2820	3283	4071	3619
P08	1	5386	4082	4473	4148	4440	4063	4355	3141	3433	7751	8043	4287	3657	3841
	2	5386	5909	6133	5864	6032	5779	5947	5779	5947	5779	5947	4511	4175	4065
	3	5386	7736	7794	7580	7623	7495	7538	8417	8460	3806	3850	4735	4694	4288
	4	5148	3844	4235	3825	4117	3825	4117	2903	3195	7513	7805	3625	3330	3528
	5	5148	5671	5895	5541	5709	5541	5709	5541	5709	5541	5709	3849	3849	3751
	6	5148	7498	7556	7257	7300	7257	7300	8179	8222	3568	3612	4073	4367	3975
	7	4910	3607	3997	3502	3794	3587	3879	2665	2957	7275	7567	2963	3004	3214
	8	4910	5433	5658	5218	5386	5303	5471	5303	5471	5303	5471	3187	3523	3438
	9	4910	7260	7318	6934	6977	7019	7062	7941	7984	3330	3374	3411	4041	3662
P09	1	5433	4198	4710	4258	4643	4173	4558	3285	3669	7728	8112	4292	3663	3844
	2	5433	5957	6180	5911	6078	5826	5993	5826	5993	5826	5993	4512	4177	4064
	3	5433	7716	7649	7563	7513	7478	7428	8367	8317	3924	3874	4733	4691	4285
	4	5149	3914	4426	3889	4274	3889	4274	3001	3385	7444	7829	3630	3336	3530
	5	5149	5673	5896	5542	5709	5542	5709	5542	5709	5542	5709	3850	3850	3751
	6	5149	7432	7365	7195	7145	7195	7145	8083	8033	3640	3590	4071	4364	3971
	7	4865	3630	4143	3521	3905	3606	3990	2717	3101	7160	7545	2968	3010	3217
	8	4865	5389	5612	5173	5340	5258	5425	5258	5425	5258	5425	3188	3524	3437
	9	4865	7148	7082	6826	6776	6911	6861	7799	7749	3356	3306	3409	4038	3658
P10	1	5553	3991	4649	4102	4596	3999	4493	2981	3474	8074	8567	4434	3525	3816
	2	5553	6157	6387	6109	6281	6006	6178	6006	6178	6006	6178	4763	4283	4145
	3	5553	8322	8125	8115	7967	8012	7864	9031	8883	3937	3789	5092	5040	4475
	4	5203	4723	5168	4652	4985	4652	4985	4143	4476	6690	7023	3726	3512	3615
	5	5203	6889	6906	6659	6671	6659	6671	7168	7180	4621	4634	4056	4270	3944
	6	4853	3290	3948	3196	3690	3299	3793	2280	2774	7374	7867	2690	2742	3084
	7	4853	5456	5687	5202	5375	5305	5478	5305	5478	5305	5478	3019	3499	3413
	8	4853	7622	7425	7209	7061	7312	7164	8330	8182	3237	3089	3349	4257	3743
P11	1	6261	5155	5932	5288	5870	5139	5721	4359	4941	8260	8842	5271	4263	4379
	2	6261	7090	7360	7032	7234	6883	7085	6883	7085	6883	7085	5574	4878	4682
	3	6261	9024	8788	8775	8598	8626	8449	9406	9229	5505	5328	5877	5492	4984
	4	5167	4062	4838	3896	4478	4045	4627	3265	3847	7166	7748	2764	3148	3382
	5	5167	5996	6266	5639	5842	5789	5991	5789	5991	5789	5991	3066	3763	3685
	6	5167	7930	7694	7383	7206	7532	7355	8312	8135	4411	4234	3369	4378	3987
P12	1	5824	5234	5978	5334	5892	5217	5775	4779	5337	6971	7529	4494	3862	3872
	2	5824	6591	6830	6516	6695	6399	6578	6399	6578	6399	6578	4719	4262	4097
	3	5824	7949	7682	7698	7498	7582	7382	8020	7820	5828	5628	4943	4663	4321
	4	4910	4321	5065	4187	4745	4304	4862	3865	4424	6057	6616	2828	3108	3230
	5	4910	5678	5917	5370	5549	5486	5665	5486	5665	5486	5665	3052	3509	3455
	6	4910	7035	6769	6552	6352	6668	6468	7107	6907	4915	4715	3277	3910	3679

Il taglio longitudinale/trasversale alla testa dei pali è stato determinato dividendo l'azione longitudinale/trasversale agente sulla palificata per il numero dei pali. Il taglio risultante è stato ottenuto dalla somma vettoriale dei due tagli.

Di seguito vengono riepilogato per ciascuna pila i valori massimi, minimi e medi dell'azione assiale ed il valore massimo del taglio. I valori riportati sono espressi in kN.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 93 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Tabella 7.4 - Riepilogo sollecitazioni sui pali.

	Nmax [kN]	Nmax,slv [kN]	Nmin [kN]	Nmedio [kN]	Vmax [kN]	n. pali [-]	Dpalo [mm]
P01	8563	5053	3409	7064	254	5	1500
P02	8883	5532	2871	6651	278	6	1500
P03	8194	4797	2531	5733	231	8	1500
P04sx	9150	5159	2418	6170	228	8	1500
P04dx	7891	4653	2733	5680	203	9	1500
P05	9377	5186	2326	6250	232	8	1500
P06	9503	5200	2281	6292	236	8	1500
P07	8864	4898	2109	5842	211	9	1500
P08	8460	4735	2665	5895	211	9	1500
P09	8367	4733	2717	5896	203	9	1500
P10	9031	5092	2280	6037	236	8	1500
P11	9406	5877	2764	6813	292	6	1500
P12	8020	4943	2828	6373	222	6	1500
max	9503	5877	3409	7064	292		

7.4 Verifiche strutturali dei pali (SLU)

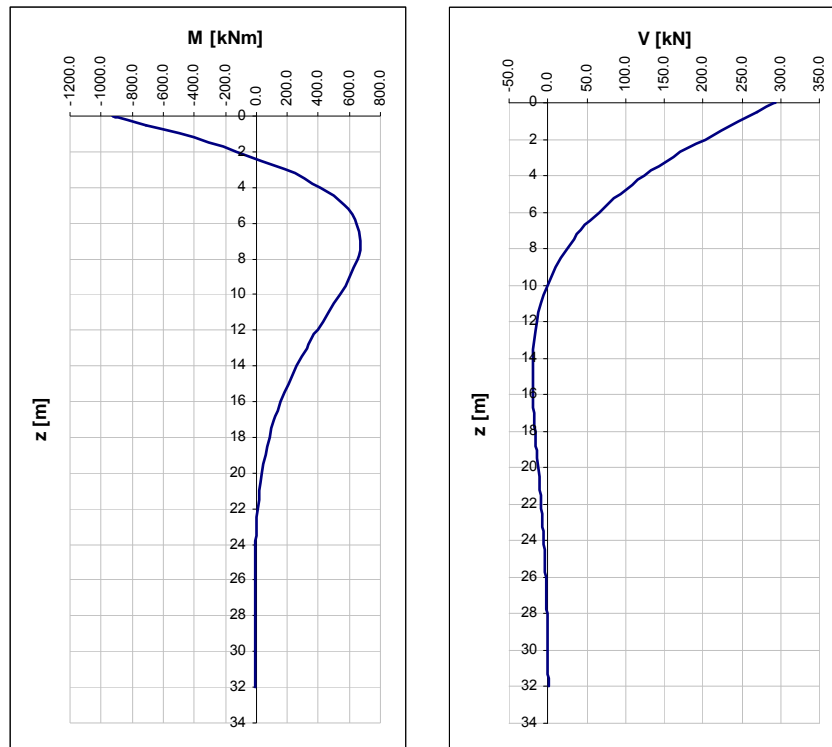
Per il calcolo della sollecitazione flettente e tagliante agenti lungo il fusto del palo si adotta lo schema di palo con la testa impedita di ruotare, ma libera di traslare per effetto dell'azione orizzontale ivi applicata, ed immerso in un terreno schematizzato alla Winkler. Per la determinazione della lunghezza elastica del palo, λ , si adotta l'espressione di *Zimmerman*.

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

E	=	36050 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1500 mm	diametro palo
J	=	248504887637 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	15000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1500 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	22500 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
λ	=	6.32 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	292.00 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	922.32 kNm	massimo momento flettente

Nelle seguenti figure si riportano i diagrammi del momento flettente e del taglio lungo il fusto del palo. Tali diagrammi sono stati ottenuti sulla base del massimo valore del taglio agente sui pali (pila P11; combinazione di carico SLU-8).

Figura 7-5 - Diagramma del momento flettente del taglio lungo il fusto del palo.



7.4.1 Verifica dei pali allo SLU per tensioni normali

Si prevede di disporre lungo tutto il palo un'armatura longitudinale costituita da n. 16 \varnothing 22 pari all'armatura minima prevista dalla normativa.

Nella seguente tabella si riepilogano i valori delle sollecitazioni massima agente in testa palo e il momento resistente.

Profondità	Sforzo normale	Momento flettente	armatura	Momento resistente
Z [m]	N [kN]	M [kNm]		M_R [kNm]
0	3200	922	16 \varnothing 22	3230

La verifica è stata condotta utilizzando il programma di calcolo VcaSlu.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 95 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

7.4.2 Verifica dei pali a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio del palo maggiormente sollecitato.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE (NTC 2008)

sezione testa palo

Sollecitazioni

V	=	292	KN	taglio
N	=	3200	KN	sforzo normale (>0 compressione)

Geometria

D	=	1500	mm	diametro sezione
c	=	50	mm	copriferro
d	=	1450	mm	altezza utile
b _{we}	=	1350	mm	larghezza
d _e	=	1123	mm	altezza utile equivalente

Materiali

R _{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo
f _{cd}	=	18.13	MPa	resistenza di calcolo a compressione
γ _s	=	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

n	=	16		numero ferri longitudinali
Ø	=	22	mm	diametro ferri longitudinali
A _{sl}	=	6082.1	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	=	0.004		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.422		
v _{min}	=	0.336		
σ _{cp}	=	1.811	MPa	tensione media calcestruzzo (>0 compressione)
σ _{cp,ad}	=	1.811	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
V _{Rd}	=	1017.55	kN	taglio resistente
				verificato

Essendo il taglio portato dal solo calcestruzzo maggiore del taglio di calcolo non sarebbe necessario disporre specifica armatura a taglio ma, ai fini di aumentare il confinamento del csl, si dispone un'armatura a taglio fuori calcolo.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 96 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

7.5 Verifiche dei pali agli SLE

In questo paragrafo vengono riportate le verifiche allo stato limite di fessurazione e le verifiche delle tensioni in esercizio.

7.5.1 Combinazioni di carico SLE

Le combinazioni di carico sono ottenute con la seguente matrice dei coefficienti applicata alle condizioni di carico elementari:

MATRICE DI COMB. SLE caratteristica							
SLEc1	SLEc2	SLEc3	SLEc4	SLEc5	SLEc6	SLEc7	SLEc8
3072.7	3007.8	5167.2	5102.3	2698.1	2633.2	4792.7	4727.8
4454.4	4389.5	4454.4	4389.5	3651.5	3586.6	3651.5	3586.6
5836.1	5771.2	3741.5	3676.6	4604.9	4540.0	2510.3	2445.4
3593.4	3594.2	4640.7	4641.5	3004.7	3005.5	4052.0	4052.8
4975.1	4975.9	3927.8	3928.7	3958.1	3958.9	2910.8	2911.6
2732.5	2799.0	4827.0	4893.6	2357.9	2424.4	4452.5	4519.0
4114.2	4180.7	4114.2	4180.7	3311.3	3377.8	3311.3	3377.8
5495.9	5562.4	3401.3	3467.8	4264.7	4331.2	2170.1	2236.7

MATRICE DI COMB. SLE frequente							
SLEf1	SLEf2	SLEf3	SLEf4	SLEf5	SLEf6	SLEf7	SLEf8
3770.9	3706.0	4469.0	4404.1	3396.3	3331.4	4094.5	4029.6
4454.4	4389.5	4454.4	4389.5	3651.5	3586.6	3651.5	3586.6
5137.9	5073.0	4439.7	4374.8	3906.7	3841.8	3208.5	3143.6
3942.5	3943.3	4291.6	4292.4	3353.8	3354.6	3702.9	3703.7
4626.0	4626.8	4276.9	4277.7	3609.0	3609.8	3259.9	3260.7
3430.7	3497.2	4128.8	4195.4	3056.1	3122.6	3754.3	3820.8
4114.2	4180.7	4114.2	4180.7	3311.3	3377.8	3311.3	3377.8
4797.7	4864.2	4099.5	4166.0	3566.5	3633.0	2868.3	2934.9

MATRICE DI COMB. SLE quasi permanete	
SLEp1	SLEp2
4112.8	4058.7
4112.8	4058.7
4112.8	4058.7
3948.2	3948.8
3948.2	3948.8
3783.5	3839.0
3783.5	3839.0
3783.5	3839.0

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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 97 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

7.5.2 Azioni sui pali nelle combinazioni di carico

RIEPILOGO SLEc		
	Vmax	N(Vmax)
P01	113	3750
P02	117	3205
P03	95	1928
P04sx	94	2732
P04dx	83	2772
P05	94	2165
P06	96	2178
P07	85	2047
P08	86	2191
P09	83	2818
P10	97	2607
P11	122	3155
P12	98	3272

RIEPILOGO SLEf		
	Vmax	N(Vmax)
P01	72	3988
P02	58	3646
P03	41	2472
P04sx	37	3431
P04dx	33	3296
P05	35	2917
P06	34	2964
P07	31	2778
P08	33	2805
P09	33	3411
P10	40	3286
P11	59	3675
P12	61	3564

RIEPILOGO SLEqp		
	Vmax	N(Vmax)
P01	61	4054
P02	42	3842
P03	24	3464
P04sx	17	3784
P04dx	15	3514
P05	13	3873
P06	10	3935
P07	9	3657
P08	12	3685
P09	14	3658
P10	23	3653
P11	42	3916
P12	51	3678

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 98 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

7.5.3 Verifica a fessurazione

La verifica allo stato limite di fessurazione viene eseguito attraverso il calcolo elastico della sezione, se la l'eccentricità dovuta ai carichi esterni risulta interna al nocciolo centrale di inerzia della sezione omogeneizzata allora la sezione è tutta compressa e la verifica è soddisfatta.

Se invece la sezione risulta parzializzata allora si procede al calcolo del momento di prima fessurazione se quest'ultimo risulta maggiore del momento di progetto la verifica è soddisfatta altrimenti si procede al calcolo dell'apertura delle fessure. La verifica a fessurazione è stata condotta per:

- Armature poco sensibile;
- Condizioni ambientali Aggressive.

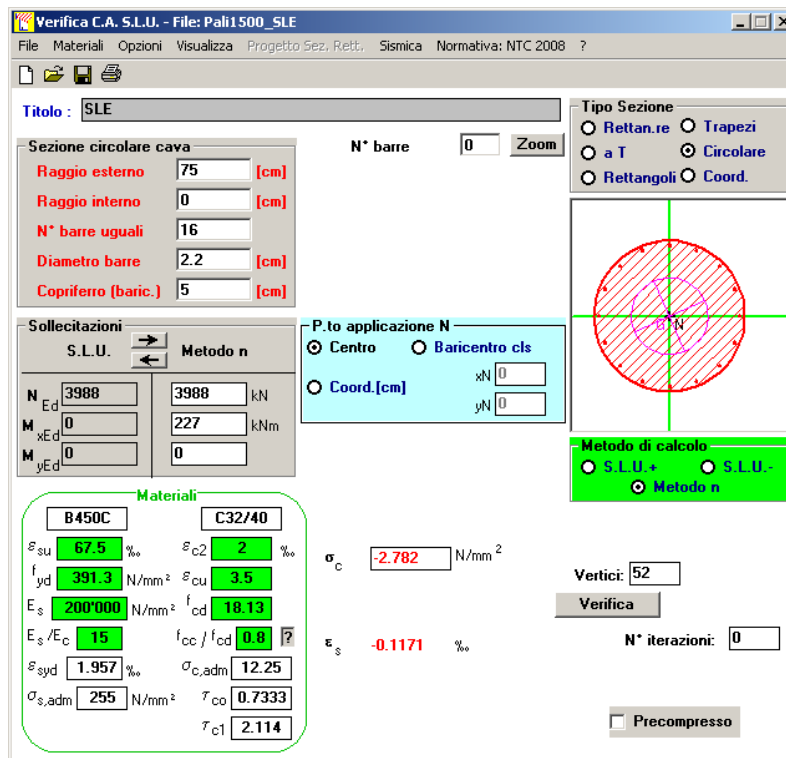
7.5.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

Le sollecitazioni massime agenti nella condizione frequente sono:

Sollecitazioni agenti

		combinazione	
		Freq.	
L0	=	6.32	m lunghezza elastica del palo
N	=	3988	kN sforzo assiale
V	=	72	kN taglio alla testa del palo
M _{max}	=	227	kN*m massimo momento flettente

La verifica è stata condotta con il programma VcaSlu:



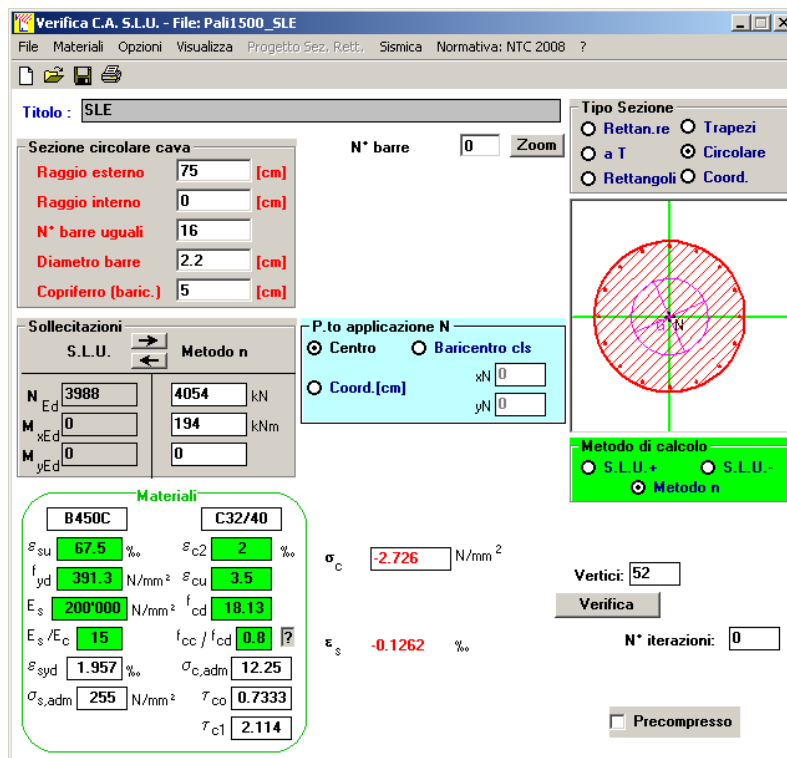
La sezione risulta tutta compressa non è quindi necessario procedere al calcolo delle aperture delle fessure.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 99 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

7.5.3.2 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Quasi Permanente

Sollecitazioni agenti

	QP	
L0	= 6.32 m	lunghezza elastica del palo
N	= 4054 kN	sforzo assiale
V	= 61 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	= 194 kN*m	massimo momento flettente



La sezione risulta tutta compressa non è quindi necessario procedere al calcolo delle aperture delle fessure.

7.5.4 Verifica delle tensioni di esercizio

Si verifica che le tensioni di calcolo dovute alle combinazioni rare e quasi permanenti siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati:

-massima tensione di compressione del calcestruzzo

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \quad \text{combinazione rara}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \quad \text{combinazione quasi permanente}$$

-massima tensione dell'acciaio

$$\sigma_c < 0.80 f_{yk} \quad \text{combinazione rara}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 100 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

Materiali

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{yk}	=	450	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

combinazione
Rara QP

Sollecitazioni agenti

L_0	=	6.32	6.32	m	lunghezza elastica del palo
N	=	3155	4054	kN	sforzo assiale
V	=	122	61	kN	taglio alla testa del palo
M_{max}	=	385	194	kN*m	massimo momento flettente

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$\sigma_{c,max}$	=	19.20	14.40	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	2.77	2.35	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK		

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

$\sigma_{s,max}$	=	360	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	0	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		OK		

Le verifiche per le tensioni in esercizio sono soddisfatte.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 101 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

7.6 Verifiche geotecniche

7.6.1 Verifica a carico limite verticale

7.6.1.1 Parametri geotecnici

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

Tabella 7.5 - Parametri fisico-meccanici adottati nelle verifiche geotecniche.

	TRV1	TRV2A	TRV2B
peso secco γ_d (kN/m ³)	18	18.8	19.2
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	18	18.8	19.2
coesione non drenata c_u (kPa)	40	110	119
coesione dren. c' (kPa)	10	24	34
angolo attrito ϕ' (°)	17	21	17

7.6.1.2 Criterio 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:

Tabella 7.6 - Valori del coefficiente α in funzione di c_u [1].

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

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

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

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

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al 25% del diametro del palo) considerando N_q i valori desunti dal grafico riportato in Figura 7-6. 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:

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

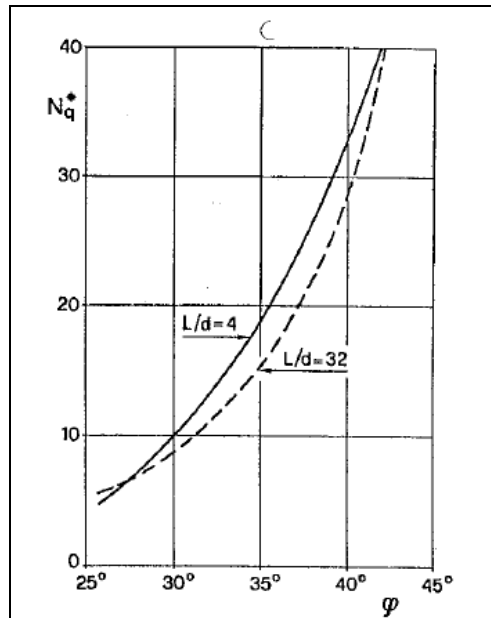


Figura 7-6 – Coefficienti N_q corrispondenti all'insorgere delle deformazioni plastiche alla punta (Berezantev, 1965)

In Tabella 7.7 i valori dei coefficienti N_c ed N_q adottati per i diverse unità geotecniche.

Tabella 7.7 – Coefficienti N_q ed N_c assunti per le diverse unità geotecniche

coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	9.6	7.8	9.9

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.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 1				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	3	0	3
2° strato	TVR2A	7	3	10
3° strato	TVR2B	35	10	45
STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 2				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	3	0	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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 103 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

2° strato	TVR2A	8	3	11
3° strato	TVR2B	34	11	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 3

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	4	0	4
2° strato	TVR2A	10	4	14
3° strato	TVR2B	31	14	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 4

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	2	0	2
2° strato	TVR2A	11	2	13
3° strato	TVR2B	32	13	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 5

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	1	0	1
2° strato	TVR2A	11	1	12
3° strato	TVR2B	33	12	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 6

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	1	0	1
2° strato	TVR2A	9	1	10
3° strato	TVR2B	35	10	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 7

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	2	0	2
2° strato	TVR2A	10	2	12
3° strato	TVR2B	33	12	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 8

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	2	0	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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 104 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

2° strato	TVR2A	10	2	12
3° strato	TVR2B	33	12	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 9

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR2A	10	0	10
2° strato	TVR2B	35	10	45
3° strato	TVR2B	0	45	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 10

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR2A	11	0	11
2° strato	TVR2B	34	11	45
3° strato	TVR2B	0	45	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 11

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	2	0	2
2° strato	TVR2A	9	2	11
3° strato	TVR2B	34	11	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE PILA 12

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TVR1	2	0	2
2° strato	TVR2A	9	2	11
3° strato	TVR2B	34	11	45

7.6.1.3 Criterio di verifica

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:

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 105 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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.

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

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

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

Tabella 7.8 - Coefficienti parziali per le azioni o effetti delle azioni (tab. 6.2.I del DM14-01-2008)

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 7.9 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni (tab. 6.2.II del DM14-01-2008)

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

Tabella 7.10 – Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche

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.

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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 106 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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.

Nel caso di azioni sismiche, per le verifiche effettuate con l'approccio 1 si è fatto riferimento ai coefficienti R3 (NTC2008 7.11.5.3). Inoltre, siccome la capacità portante è determinata mediante procedura analitica, basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, questa è stata ulteriormente ridotta del fattore di correlazione ξ (cfr. Tabella 7.11) 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 10.

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

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

Tabella 7.11 - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

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

7.6.1.4 Risultati

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

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

Tabella 7.12 – Riepilogo dei risultati secondo l'approccio 2

azioni verticali massime			caratteristiche pali fondazione					PP. Compensato	carico limite		check dr	check ud
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° palo	lunghezza palo	Lungh- compl.	Volume		Qlim_d	Qlim_u		
	kN	kN	m		m	m	m3	kN	kN			
Pila1	8563	5053	1.5	5	40	200	112.5	568.74	14914.7	7143.0	ok	ok
Pila2	8883	5532	1.5	6	40	240	135.0	569.69	14929.8	7132.1	ok	ok
Pila3	8194	4797	1.5	8	36	288	162.0	519.12	12420.1	6425.9	ok	ok
Pila4sx	9150	5159	1.5	8	40	320	180.0	569.69	14727.8	7137.7	ok	ok
Pila4dx	7891	4653	1.5	9	40	360	202.5	1828.58	14727.8	7137.7	ok	ok
Pila5	9377	5186	1.5	8	38	304	171.0	539.16	13579.1	6869.9	ok	ok
Pila6	9503	5200	1.5	8	40	320	180.0	564.92	14977.0	7214.7	ok	ok
Pila7	8864	4898	1.5	9	36	324	182.3	513.39	12192.4	6511.1	ok	ok
Pila8	8460	4735	1.5	9	36	324	182.3	513.39	12192.4	6511.1	ok	ok
Pila9	8367	4733	1.5	9	36	324	182.3	507.67	12707.3	6621.5	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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 107 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

azioni verticali massime			caratteristiche pali fondazione					PP. Compensato	carico limite		check dr	check ud
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° palo	lunghezza palo	Lungh- compl.	Volume		Qlim_d	Qlim_u		
	kN	kN	m		m	m	m3	kN	kN			
Pila10	9031	5092	1.5	8	38	304	171.0	536.29	13590.5	6916.7	ok	ok
Pila11	9406	5877	1.5	6	40	240	135.0	567.78	14961.5	7167.9	ok	ok
Pila12	8020	4943	1.5	6	36	216	121.5	512.44	12666.9	6538.8	ok	ok

7.6.1.5 Riferimenti bibliografici

- [1]. AGI, (1997), "Raccomandazioni sui pali di fondazione".
- [2]. Mancina M., Nori R., Iasiello P., (2007) "Progetti e calcoli di geotecnica con Excel", Vol. II, DEI
- [3]. Lancellotta, R. (1987), "Geotecnica", Zanichelli.
- [4]. Viggiani C. (1999), "Fondazioni", Hedlyus.
- [5]. Boweles, J. (1998), "Fondazioni progetto e analisi", Mc Graww-Hill.
- [6]. Cestelli Guidi C. (1991), "Geotecnica e tecnica delle fondazioni 2", ottava edizione, Hoepli.

7.6.2 Verifica a carico limite orizzontale

Si riporta di seguito il calcolo del carico limite orizzontale dei pali di fondazione delle pile. Il calcolo del carico limite orizzontale viene eseguito sia in condizioni drenate, sia in condizioni non drenate, facendo riferimento al palo maggiormente sollecitato, secondo l'approccio 2.

Il metodo utilizzato è quello di Broms, dove in condizione drenate si assume che la resistenza del terreno vari linearmente con la profondità z secondo la legge:

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

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

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

7.6.2.1 Verifica in condizioni non drenate

D	=	1.5	m	diametro palo
L	=	40.0	m	lunghezza palo
M_y	=	2100	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	40	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	20385	kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	430633	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	7854	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	14.5	m	
M_{max}	=	72693.3	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	1237	kN	carico limite per palo lungo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 108 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1237.0	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.4		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	883.6	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	679.7	kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	292.0	kN	azione trasversale testa palo
check	=	2.33		se >1 verifica soddisfatta

7.6.2.2 Verifica in condizioni drenate

D	=	1.500	m	diametro palo
L	=	40.00	m	lunghezza palo
L/D	=	26.67	m	
M_y	=	2100	kNm	momento di plasticizzazione del palo
ϕ'	=	17	°	angolo d'attrito
k_p	=	1.8		coefficiente di spinta passiva
γ	=	18	kN/m ³	peso unità di volume

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	118347	kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	3155920	kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	39502	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	23.2	m	
M_{max}	=	611181	kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	1450.8	kN	carico limite per palo lungo
-------------	---	--------	----	------------------------------

MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1450.8	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.4		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1036.3	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	797.1	kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	292.0	kN	azione trasversale testa palo
check	=	2.73		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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 109 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

8 ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE TIPO A – 9 PALI

Il plinto presenta pianta rettangolare di dimensioni 12,00×12,00 m ed altezza pari a 2,50 m. Esso è fondato su n. 9 pali Ø1500 mm posti ad interasse di 4.50 m.

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

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

Nelle seguenti figure si illustrano la geometria del plinto e la sua schematizzazione numerica.

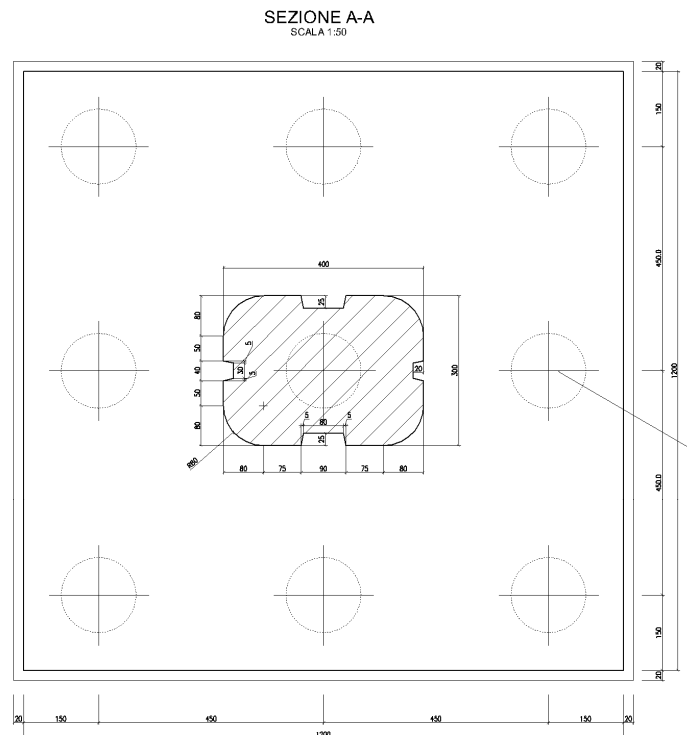


Figura 8-1 - Pianta del plinto di fondazione tipo A.

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo</p>	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 110 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

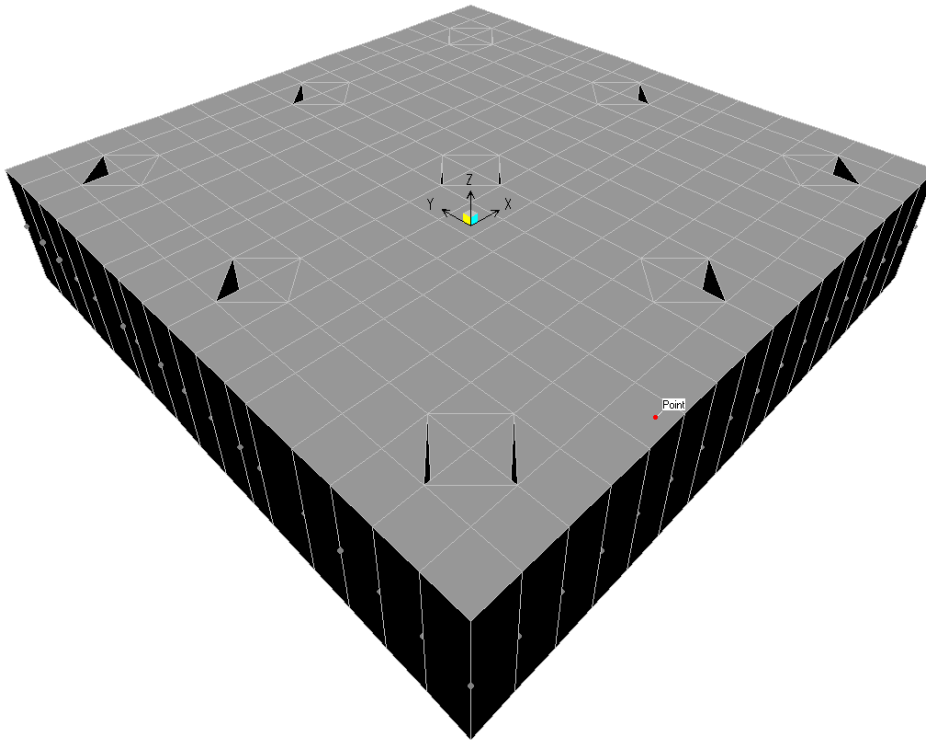


Figura 8-2 - Modello di calcolo del plinto.

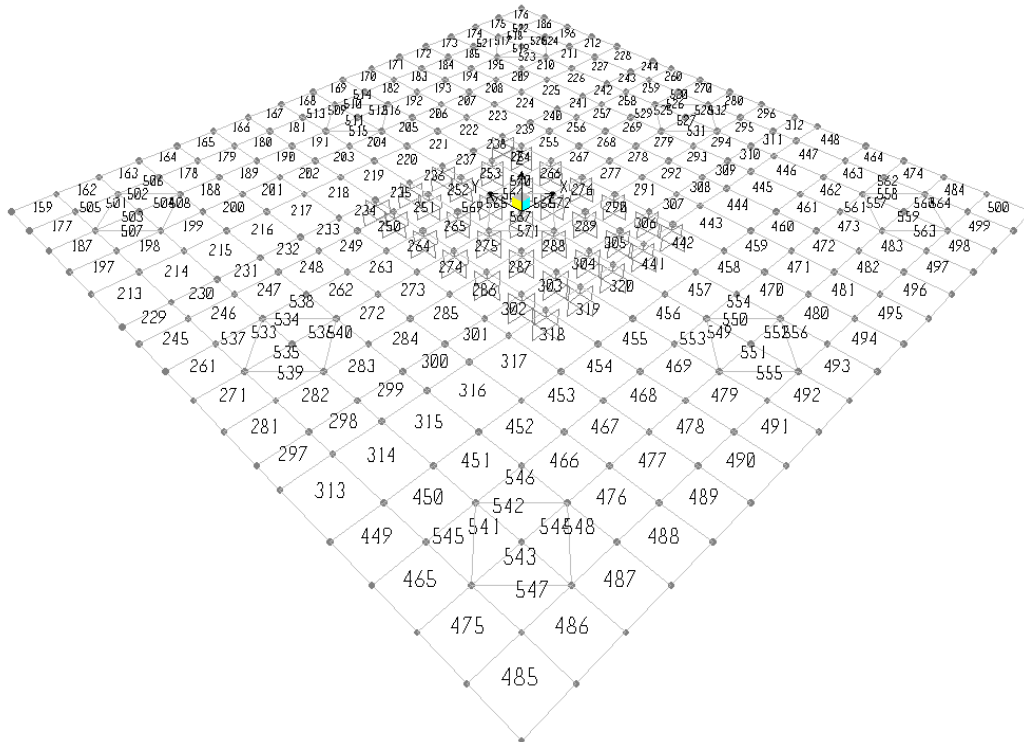


Figura 8-3 - Modello numerico con numerazione degli elementi shell.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 111 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

8.1 Analisi dei carichi e combinazioni di carico

Il plinto risulta sollecitato da forze concentrate in corrispondenza dei pali. I valori di tali azioni sono quelli determinati ai precedenti paragrafi dedicati all'analisi delle palificate. In particolare, di seguito si riportano le azioni sui pali della pila P07, alle quali si fa riferimento per il dimensionamento dei plinti tipo A, in quanto risultano essere le più gravose.

PILA	PALO	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLV-1	SLV-2	SLV-3
P06	1	5319	3647	4248	3757	4208	3654	4104	2557	3008	8040	8490	4337	3549	3808
	2	5319	5841	6066	5814	5983	5711	5879	5711	5879	5711	5879	4617	4202	4089
	3	5319	8036	7885	7871	7758	7768	7655	8864	8751	3382	3269	4898	4854	4369
	4	5094	3423	4023	3429	3880	3429	3880	2333	2784	7815	8266	3530	3158	3433
	5	5094	5617	5842	5486	5655	5486	5655	5486	5655	5486	5655	3810	3810	3714
	6	5094	7811	7661	7543	7430	7543	7430	8640	8527	3157	3044	4090	4462	3994
	7	4870	3198	3799	3102	3552	3205	3656	2109	2559	7591	8042	2722	2766	3059
	8	4870	5393	5618	5159	5328	5262	5431	5262	5431	5262	5431	3002	3418	3339
	9	4870	7587	7436	7216	7103	7319	7206	8415	8303	2933	2820	3283	4071	3619

Tabella 8.1 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico relative alle verifiche di resistenza.

PILA	PALO	SLEf1	SLEf2	SLEf3	SLEf4	SLEf5	SLEf6	SLEf7	SLEf8
P06	1	3511	3494	4242	4225	3207	3190	3938	3921
	2	4182	4165	4182	4165	3476	3459	3476	3459
	3	4853	4835	4122	4104	3745	3728	3014	2997
	4	3393	3393	4124	4124	3089	3089	3820	3820
	5	4064	4064	4064	4064	3358	3358	3358	3358
	6	4735	4735	4004	4004	3627	3627	2896	2896
	7	3275	3293	4006	4024	2971	2989	3702	3720
	8	3946	3963	3946	3963	3240	3258	3240	3258
	9	4617	4634	3886	3903	3509	3527	2778	2796

Tabella 8.2 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Frequenti relative alle verifiche agli SLE.

PILA	PALO	SLEp1	SLEp2
P06	1	3890	3876
	2	3890	3876
	3	3890	3876
	4	3774	3774
	5	3774	3774
	6	3774	3774
	7	3657	3672
	8	3657	3672
	9	3657	3672

Tabella 8.3 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Quasi Permanenti relative alle verifiche agli SLE.

PILA	PALO	SLEc1	SLEc2	SLEc3	SLEc4	SLEc5	SLEc6	SLEc7	SLEc8
P06	1	2780	2763	4973	4956	2476	2459	4669	4652
	2	4182	4165	4182	4165	3476	3459	3476	3459
	3	5584	5566	3391	3373	4476	4459	2283	2266
	4	2662	2662	4855	4855	2358	2358	4551	4551

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 112 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	PALO	SLEc1	SLEc2	SLEc3	SLEc4	SLEc5	SLEc6	SLEc7	SLEc8
	5	4064	4064	4064	4064	3358	3358	3358	3358
	6	5466	5466	3273	3273	4358	4358	2165	2165
	7	2544	2562	4737	4755	2240	2258	4433	4451
	8	3946	3963	3946	3963	3240	3258	3240	3258
	9	5348	5365	3155	3172	4240	4257	2047	2065

Tabella 8.4 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Rare relative alle verifiche agli SLE.

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

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

$$g_2 = 18.0 \times 1.0 = 18.0 \text{ kPa} \quad (\text{peso terreno}).$$

Nelle combinazioni di carico sia il peso proprio del plinto, sia il peso del terreno di ricoprimento, sono stati combinati con le azioni esercitate dai pali impiegando un coefficiente parziale pari a 1.35; nelle combinazioni di carico SLE il coefficiente parziale è stato assunto di valore pari a 1.

8.2 Verifiche di resistenza per tensioni normali

Nelle seguenti figure si rappresentano gli involuipi massimi del momento flettente longitudinale (M_{11}) e trasversale (M_{22}). Tali momenti si intendono positivi se tendono le fibre inferiori del plinto.

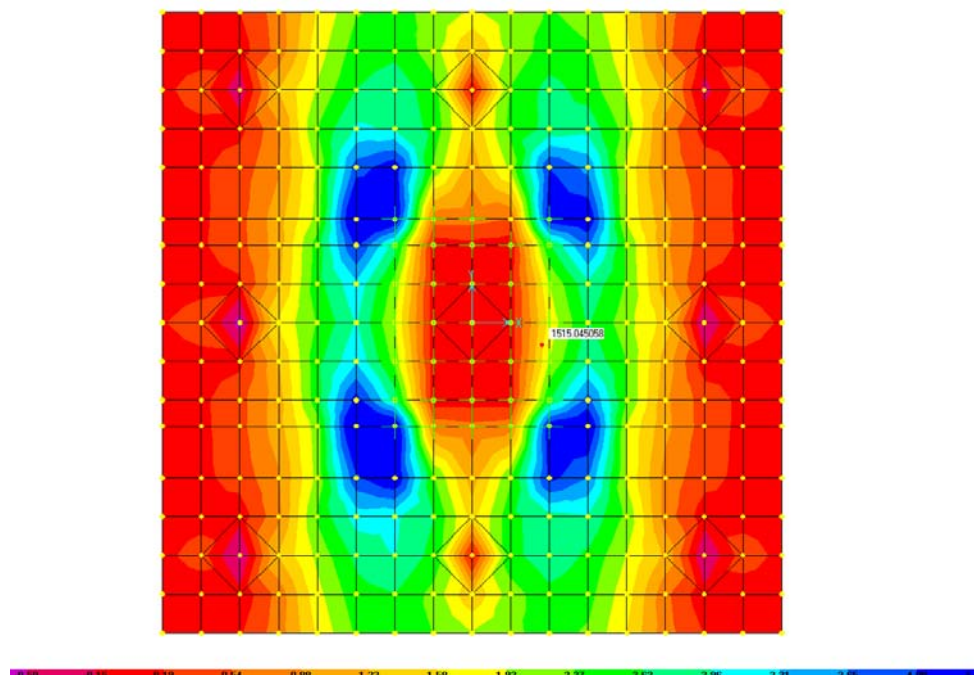


Figura 8-4: Involuppo dei massimi per il momento flettente longitudinale M_{11}

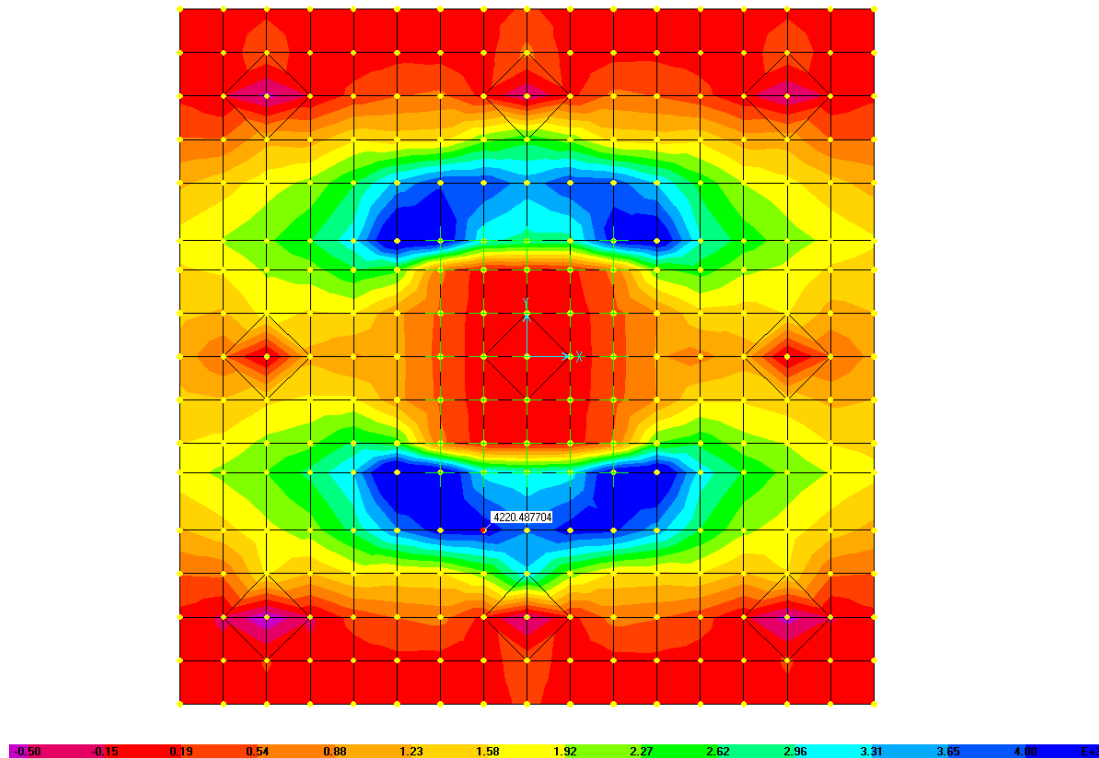


Figura 8-5: Involuppo dei massimi per il momento flettente trasversale M_{22}

Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo del plinto, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica.

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

PLINTO DI FONDAZIONE				$A_{res,TOT}$	M_{Sd}	M_{Rd}	FS		
Momento trasversale M22				[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]			
Arm-inf	10	Φ	26	53.1	4988	5028	1.01	OK	momento trasversale $M_{x+}=M_{22}$
Arm-sup	5	Φ	22	19.0	786	1811	2.30	OK	momento trasversale $M_{x-}=M_{22-}$
Momento longitudinale M11									
Arm-inf	10	Φ	26	53.1	4841	5028	1.04	OK	momento longitudinale $M_{y+}=M_{11+}$
Arm-sup	5	Φ	22	19.0	860	1811	2.11	OK	momento longitudinale $M_{y-}=M_{11-}$

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 114 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

8.3 Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali

Sulla base delle mappe tensionali generate dal modello di calcolo sono state estrapolate le sollecitazioni di taglio massime V13 e V23. Successivamente, è stata condotta la verifica SLU per tensioni tangenziali riferendosi ad una sezione 1.00 x 2.50 m. Nel seguito si riporta la procedura di calcolo seguita.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

	plinto	plinto		
	V13max	V23max		
Sollecitazioni				
V	=	2350	3056	kN taglio
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}	=	32.0	32.0	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}	=	18.1	18.1	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 _{st}	=	7209.0	7209.0	mm ² armatura longitudinale
ρ _l	=	0.00288	0.00288	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 tensione media di compressione adottata
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.0	MPa (<=0.2f _{cd})
V _{Rd}	=	792.8	792.8	kN taglio resistente
check	=	NO	NO	
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
Ø _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
ctgΘ (V)	=	21.2	16.3	
ctgΘ	=	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}	=	9.07	9.07	MPa resistenza ridotta
V _{Rcd}	=	14280.0	14280.0	kN taglio resistente calcestruzzo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 115 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

	plinto	plinto	
	V13max	V23max	
V_{Rd}	= 3903.3	3903.3	kN taglio resistente sezione
check	= OK	OK	

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

8.4 Verifiche a fessurazione

Le verifiche in oggetto vengono eseguite confrontando l'apertura delle fessure con l'apertura limite fissata dalle norme. Nell'ipotesi di ambiente moderatamente aggressivo, l'apertura limite delle fessure vale 0.2 mm per le combinazioni di carico Frequenti, e 0.3 mm per le combinazioni di carico Quasi Permanenti

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

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

diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	32	32	32	32
200	25	25	25	25
240	16	16	16	16
280	12	12	12	12
320	10	10	10	10
360	8	8	8	8

spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	300	300	300	300
200	250	250	250	250
240	200	200	200	200
280	150	150	150	150
320	100	100	100	100
360	50	50	50	50

M_{Ed}	=	2800	406	2590	410	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N_{Ed}	=	0	0	0	0	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE			
Materiali							
Rck	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	32	32	32	32	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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 116 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
		inf	sup	inf	sup		
f_{cm}	=	40.00	40.00	40.00	40.00	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	3.02	3.02	3.02	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctm}	=	2.65	2.65	2.65	2.65	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.52	2.52	2.52	2.52	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	2500	2500	2500	2500	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	10	5	10	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	26	22	26	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	2450	2450	2450	2450	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	5309	1901	5309	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	10	5	10		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	22	26	22	26	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1901	5309	1901	5309	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	2800.0	406.0	2590.0	410.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	2500000	2500000	2500000	2500000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	7210.0	7210.0	7210.0	7210.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	1273.5	1226.5	1273.5	1226.5	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	747.3	747.3	747.3	747.3	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	818.2	788.0	818.2	788.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y_n	=	528.07	291.05	528.07	291.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 117 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb.	comb.	comb.	comb.		
	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
	inf	sup	inf	sup		
J_n	= 3.50E+11	1.46E+11	3.50E+11	1.46E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	= 0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	= -	-	-	-		
Tensioni nei materiali						
σ_c	= -4.23	-0.81	-3.91	-0.82	MPa	tensione nel lembo più compresso del cis calcolata nella sezione fessurata
σ_s	= 230.8	90.2	213.5	91.1	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione						
M_{fess}	= 2992.2	2881.6	2992.2	2881.6	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	= 1.07	7.10	1.16	7.03		check1
w_{max}	= 0.30	0.30	0.30	0.30	mm	valore limite ampiezza fessure

	comb.	comb.	comb.	comb.	
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My		
	inf	sup	inf	sup	
diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione					
σ_s	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø	
160	25	25	25	25	
200	16	16	16	16	
240	12	12	12	12	
280	8	8	8	8	
320	6	6	6	6	
360	0	0	0	0	

	comb.	comb.	comb.	comb.	
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My		
	inf	sup	inf	sup	
spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione					
σ_s	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø	
160	200	200	200	200	
200	150	150	150	150	
240	100	100	100	100	
280	50	50	50	50	
320	0	0	0	0	
360	0	0	0	0	

M_{Ed}	= 2240	324.8	2072	328	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N_{Ed}	= 0	0	0	0	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

	comb.	comb.	comb.	comb.		
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
Materiali						
Rck	= 40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 118 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb.	comb.	comb.	comb.		
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
	inf	sup	inf	sup		
f_{ck}	= 32	32	32	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	= 40.00	40.00	40.00	40.00	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	= 3.02	3.02	3.02	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctm}	= 2.65	2.65	2.65	2.65	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	= 2.52	2.52	2.52	2.52	MPa	tensione limite apertura fessure
n	= 15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	= 0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria						
B	= 1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	= 2500	2500	2500	2500	mm	altezza sezione
Armatura						
n_1	= 10	5	10	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	= 26	22	26	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	= 2450	2450	2450	2450	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	= 5309	1901	5309	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	= 5	10	5	10		n. tondini superiori
\varnothing_2	= 22	26	22	26	mm	diametro tondini superiori
d_2	= 50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	= 1901	5309	1901	5309	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni						
M	= 2240.0	324.8	2072.0	328.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	= 0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	= Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione						
A_{cls}	= 2500000	2500000	2500000	2500000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	= 7210.0	7210.0	7210.0	7210.0	mm ²	area armatura
A_{id}	= 2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	= 1273.5	1226.5	1273.5	1226.5	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	= 1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	= 747.3	747.3	747.3	747.3	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	= 818.2	788.0	818.2	788.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione						
$A_{cls,t}$	= -	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	= -	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	= -	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	= -	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	= -	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	= -	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	= -	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione						
	parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche 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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 119 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb.	comb.	comb.	comb.		
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
	inf	sup	inf	sup		
Y_n	= 528.07	291.05	528.07	291.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	= 3.50E+11	1.46E+11	3.50E+11	1.46E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	= 0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	= -	-	-	-		
Tensioni nei materiali						
σ_c	= -3.38	-0.65	-3.13	-0.66	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	= 184.6	72.2	170.8	72.9	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione						
M_{fess}	= 2992.2	2881.6	2992.2	2881.6	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	= 1.34	8.87	1.44	8.79		check1
w_{max}	= 0.20	0.20	0.20	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure

Dai risultati ottenuti emerge che il momento di prima fessurazione della sezione è sempre maggiore del momento di calcolo non è quindi necessario il calcolo dell'apertura delle fessure.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 120 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

9 ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE TIPO B – 8 PALI

Il plinto presenta pianta rettangolare di dimensioni 12,00×10,65 m ed altezza pari a 2,50 m. Esso è fondato su n. 8 pali Ø1500 mm posti ad interasse di 4.50 m.

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

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

Nelle seguenti figure si illustrano la geometria del plinto e la sua schematizzazione numerica.

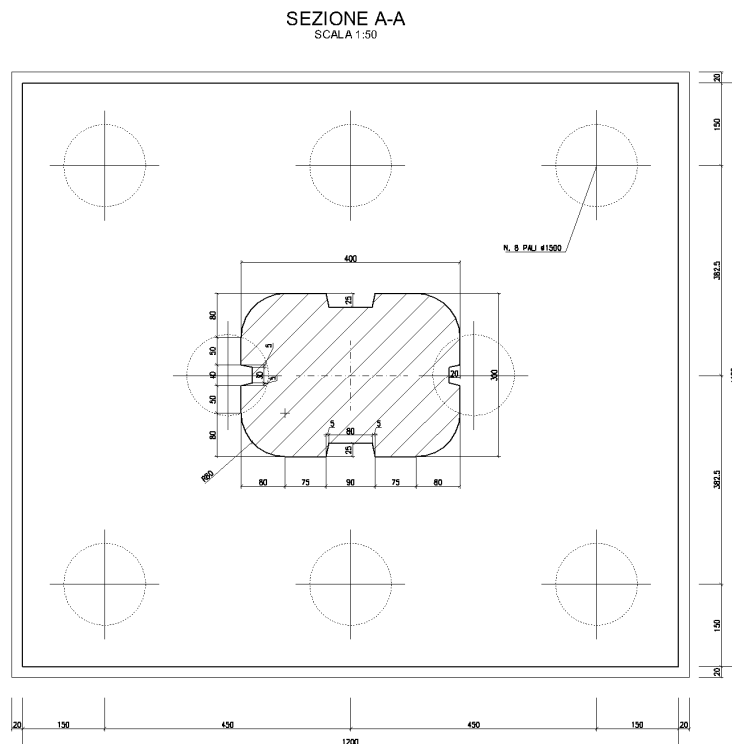


Figura 9-1 - Pianta del plinto di fondazione tipo B.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 121 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

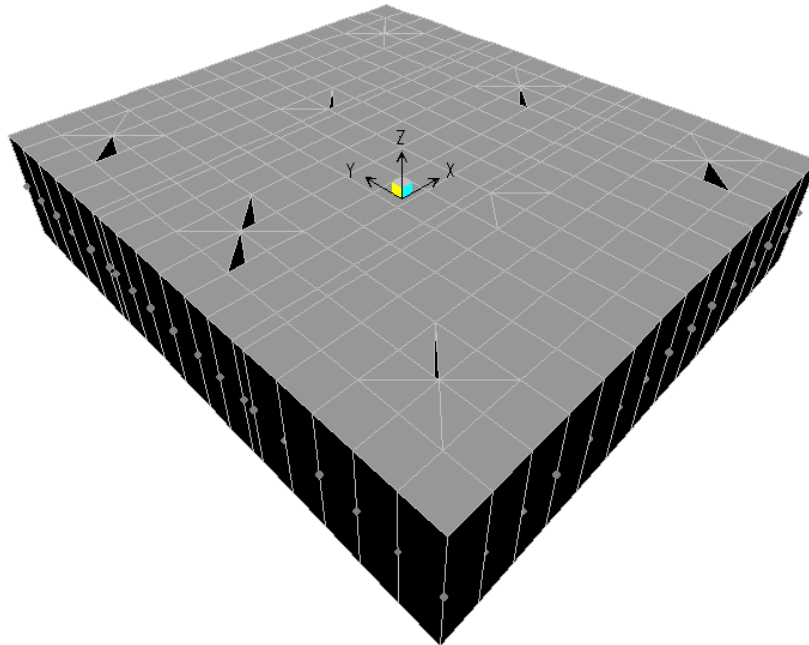


Figura 9-2 - Modello di calcolo del plinto.

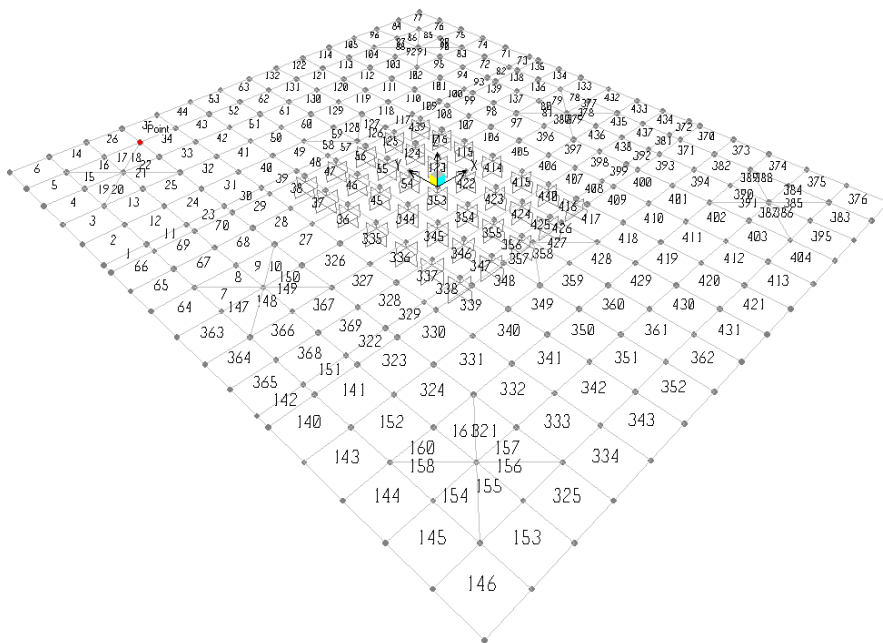


Figura 9-3 - Modello numerico con numerazione degli elementi shell.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 122 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

9.1 Analisi dei carichi e combinazioni di carico

Il plinto risulta sollecitato da forze concentrate in corrispondenza dei pali. I valori di tali azioni sono quelli determinati ai precedenti paragrafi dedicati all'analisi delle palificate. In particolare, di seguito si riportano le azioni sui pali della pila P06, alle quali si fa riferimento per il dimensionamento dei plinti tipo B, in quanto risultano essere le più gravose.

PILA	PALO	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLV-1	SLV-2	SLV-3
P06	1	5650	3853	4524	3962	4465	3860	4363	2680	3183	8578	9082	4575	3739	4026
	2	5650	6238	6491	6194	6383	6091	6281	6091	6281	6091	6281	4887	4464	4339
	3	5650	8624	8458	8425	8301	8323	8198	9503	9378	3604	3479	5200	5189	4651
	4	5450	4846	5308	4776	5123	4776	5123	4186	4533	7135	7482	3922	3716	3814
	5	5450	7232	7275	7008	7040	7008	7040	7598	7630	4648	4681	4235	4441	4127
	6	5251	3454	4125	3358	3862	3461	3964	2281	2785	8179	8683	2957	2968	3290
	7	5251	5840	6092	5590	5780	5692	5882	5692	5882	5692	5882	3270	3693	3603
	8	5251	8225	8059	7822	7697	7924	7799	9104	8979	3205	3081	3582	4418	3916

Tabella 9.1 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico relative alle verifiche di resistenza.

PILA	PALO	SLEf1	SLEf2	SLEf3	SLEf4	SLEf5	SLEf6	SLEf7	SLEf8
P06	1	3732	3722	4518	4508	3390	3379	4176	4166
	2	4467	4457	4467	4457	3673	3663	3673	3663
	3	5203	5193	4417	4406	3957	3947	3170	3160
	4	3997	3997	4390	4390	3428	3428	3821	3821
	5	4732	4732	4339	4339	3712	3712	3319	3319
	6	3526	3536	4312	4322	3183	3194	3970	3980
	7	4261	4271	4261	4271	3467	3477	3467	3477
	8	4997	5007	4210	4221	3750	3761	2964	2974

Tabella 9.2 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Frequenti relative alle verifiche agli SLE.

PILA	PALO	SLEp1	SLEp2
P06	1	4140	4131
	2	4140	4131
	3	4140	4131
	4	4037	4037
	5	4037	4037
	6	3935	3944
	7	3935	3944
	8	3935	3944

Tabella 9.3 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Quasi Permanenti relative alle verifiche agli SLE.

PILA	PALO	SLEc1	SLEc2	SLEc3	SLEc4	SLEc5	SLEc6	SLEc7	SLEc8
P06	1	2945	2935	5305	5295	2603	2593	4962	4952
	2	4467	4457	4467	4457	3673	3663	3673	3663
	3	5989	5979	3630	3620	4743	4733	2384	2374
	4	3603	3603	4783	4783	3035	3035	4215	4215
	5	5125	5125	3946	3946	4105	4105	2925	2925
	6	2739	2749	5099	5109	2397	2407	4756	4766

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 123 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

PILA	PALO	SLEc1	SLEc2	SLEc3	SLEc4	SLEc5	SLEc6	SLEc7	SLEc8
	7	4261	4271	4261	4271	3467	3477	3467	3477
	8	5783	5794	3424	3434	4537	4547	2178	2188

Tabella 9.4 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Rare relative alle verifiche agli SLE.

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

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

$$g_2 = 18.0 \times 1.0 = 18.0 \text{ kPa} \quad (\text{peso terreno}).$$

Nelle combinazioni di carico sia il peso proprio del plinto, sia il peso del terreno di ricoprimento, sono stati combinati con le azioni esercitate dai pali impiegando un coefficiente parziale pari a 1.35; nelle combinazioni di carico SLE il coefficiente parziale è stato assunto di valore pari a 1.

9.2 Verifiche di resistenza per tensioni normali

Nelle seguenti figure si rappresentano gli involuipi massimi del momento flettente longitudinale (M_{11}) e trasversale (M_{22}). Tali momenti si intendono positivi se tendono le fibre inferiori del plinto.

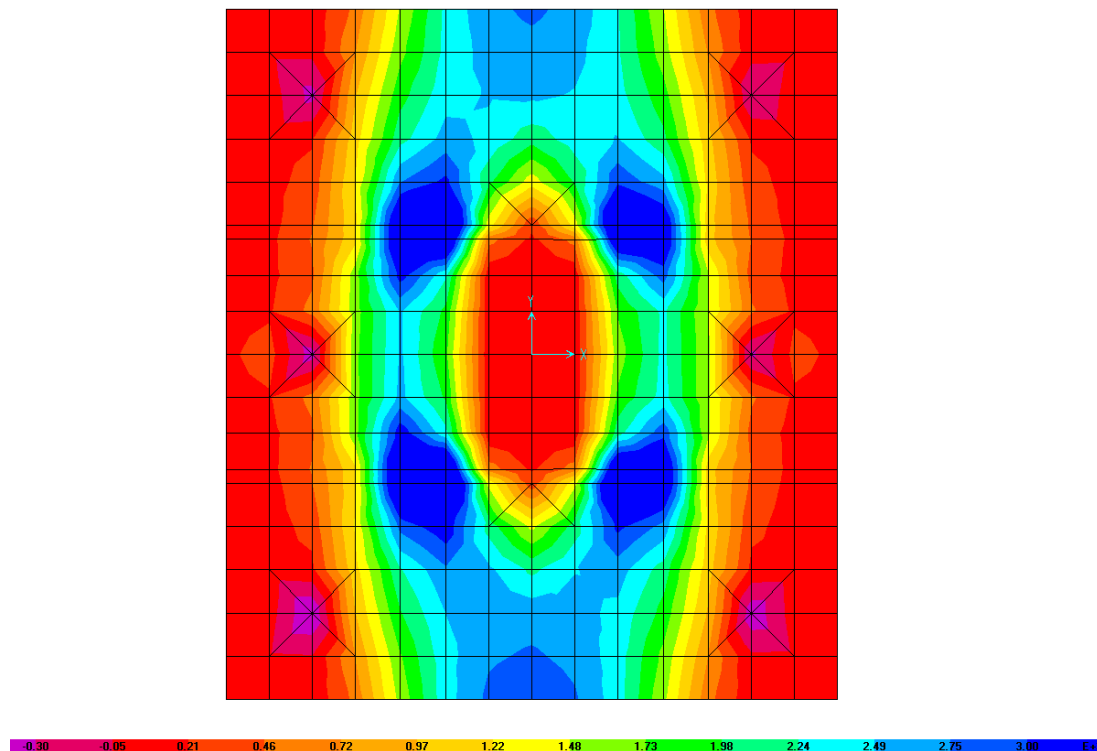


Figura 9-4: Involuppo dei massimi per il momento flettente longitudinale M_{11}

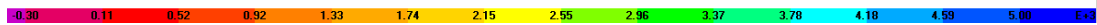
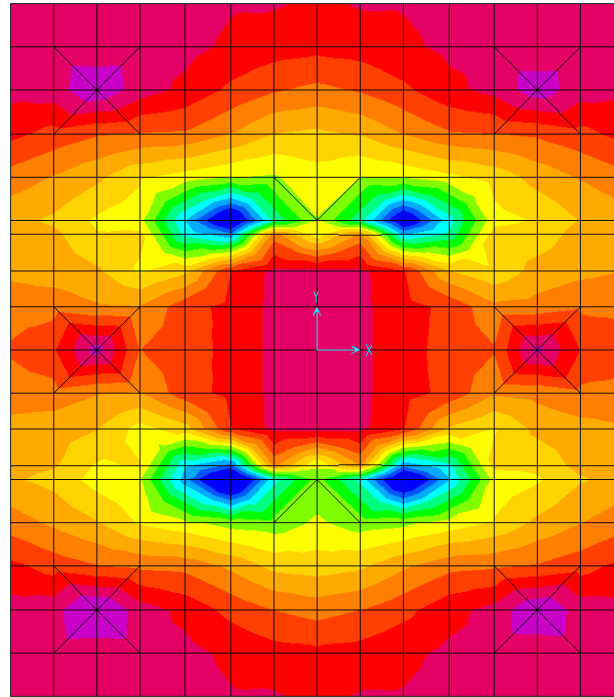


Figura 9-5: Involuppo dei massimi per il momento flettente trasversale M_{22}

Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo del plinto, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica.

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

PLINTO DI FONDAZIONE		$A_{res,TOT}$	M_{Sd}	M_{Rd}	FS		
Momento trasversale M_{22}		[cm^2]	[cm^2]	[cm^2]			
Arm-inf	10 Φ 26	53.1	4820	5028	1.04	OK	momento trasversale $M_{x+}=M_{22}$
Arm-sup	5 Φ 22	19.0	460	1811	3.94	OK	momento trasversale $M_{x-}=M_{22-}$
Momento longitudinale M_{11}							
Arm-inf	10 Φ 26	53.1	4217	5028	1.19	OK	momento longitudinale $M_{y+}=M_{11+}$
Arm-sup	5 Φ 22	19.0	460	1811	3.94	OK	momento longitudinale $M_{y-}=M_{11-}$

L'armatura inferiore posta in direzione trasversale è costituita da barre $\varnothing 26/10$, mentre l'armatura superiore è costituita da $\varnothing 22/20$. L'armatura inferiore posta in direzione longitudinale è costituita da barre $\varnothing 26/10$, mentre l'armatura superiore è costituita da $\varnothing 22/20$.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 125 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

9.3 Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali

Sulla base delle mappe tensionali generate dal modello di calcolo sono state estrapolate le sollecitazioni di taglio massime V13 e V23. Successivamente, è stata condotta la verifica SLU per tensioni tangenziali riferendosi ad una sezione 1.00 x 2.50 m. Nel seguito si riporta la procedura di calcolo seguita.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

	plinto	plinto		
	V13max	V23max		
Sollecitazioni				
V	= 2750	2800	kN	taglio
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}	= 32.0	32.0	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}	= 18.1	18.1	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 _{st}	= 7209.0	7209.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	= 0.00288	0.00288		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 tensione media di compressione adottata
σ _{cp,ad}	= 0.0	0.0	MPa	(≤0.2f _{cd})
V _{Rd}	= 792.8	792.8	kN	taglio resistente
check	= NO	NO		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
Ø _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
ctgΘ (V)	= 18.1	17.8		
ctgΘ	= 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}	= 9.07	9.07	MPa	resistenza ridotta
V _{Rcd}	= 14280.0	14280.0	kN	taglio resistente calcestruzzo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 126 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

		plinto	plinto	
		V13max	V23max	
V_{Rd}	=	3903.3	3903.3	kN taglio resistente sezione
check	=	OK	OK	

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

9.4 Verifiche a fessurazione

Le verifiche in oggetto vengono eseguite confrontando l'apertura delle fessure con l'apertura limite fissata dalle norme. Nell'ipotesi di ambiente moderatamente aggressivo, l'apertura limite delle fessure vale 0.2 mm per le combinazioni di carico Frequenti, e 0.3 mm per le combinazioni di carico Quasi Permanenti

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

	comb.	comb.	comb.	comb.		
	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
	inf	sup	inf	sup		
diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione						
σ_s	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm		
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø		
160	32	32	32	32		
200	25	25	25	25		
240	16	16	16	16		
280	12	12	12	12		
320	10	10	10	10		
360	8	8	8	8		
spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione						
σ_s	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm		
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø		
160	300	300	300	300		
200	250	250	250	250		
240	200	200	200	200		
280	150	150	150	150		
320	100	100	100	100		
360	50	50	50	50		
M_{Ed}	=	2280	324	2929	250	kNm Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N_{Ed}	=	0	0	0	0	kN Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
	comb.	comb.	comb.	comb.		
	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
Materiali						
Rck	=	40	40	40	40	MPa resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	32	32	32	32	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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 127 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
		inf	sup	inf	sup		
f_{cm}	=	40.00	40.00	40.00	40.00	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	3.02	3.02	3.02	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctm}	=	2.65	2.65	2.65	2.65	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.52	2.52	2.52	2.52	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	2500	2500	2500	2500	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	10	5	10	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	26	22	26	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	2450	2450	2450	2450	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	5309	1901	5309	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	10	5	10		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	22	26	22	26	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1901	5309	1901	5309	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	2280.0	324.0	2929.0	250.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	2500000	2500000	2500000	2500000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	7210.0	7210.0	7210.0	7210.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	1273.5	1226.5	1273.5	1226.5	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	747.3	747.3	747.3	747.3	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	818.2	788.0	818.2	788.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y_n	=	528.07	291.05	528.07	291.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 128 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
		inf	sup	inf	sup		
J_n	=	3.50E+11	1.46E+11	3.50E+11	1.46E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-3.44	-0.65	-4.42	-0.50	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	187.9	72.0	241.4	55.6	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	2992.2	2881.6	2992.2	2881.6	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	1.31	8.89	1.02	11.53		check1
w_{max}	=	0.30	0.30	0.30	0.30	mm	valore limite ampiezza fessure
\emptyset_{max}	=	-	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
σ_{s1}^*	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
sp_s	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
sp_i	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
sp_{max}	=	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
σ_{s2}^*	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
c	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm ²	area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
k_t	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 per carichi di lunga durata)
E_s	=	200000	200000	200000	200000	MPa	modulo elastico acciaio
d^*	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura ($5^*(c+\emptyset/2)$)
k_1	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorata; 1.6 per barre lisce
ϵ_2	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
ϵ_1	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
k_2	=	-	-	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel caso di tensoflessione
k_3	=	-	-	-	-		
k_4	=	-	-	-	-		
Δ_{smax1}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure nella zona d^* attorno alle barre
Δ_{smax2}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona d^* attorno alle barre
Δ_{sm}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure
ϵ_{sm}	=	-	-	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
w_m	=	-	-	-	-	mm	apertura media delle fessure
w_d	=	-	-	-	-	mm	valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 129 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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

diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
160	25	25	25	25
200	16	16	16	16
240	12	12	12	12
280	8	8	8	8
320	6	6	6	6
360	0	0	0	0

spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
160	200	200	200	200
200	150	150	150	150
240	100	100	100	100
280	50	50	50	50
320	0	0	0	0
360	0	0	0	0

M_{Ed}	=	1824	259	2343	200	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N_{Ed}	=	0	0	0	0	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
Materiali						
Rck	=	40	40	40	40	MPa resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	32	32	32	32	MPa resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	40.00	40.00	40.00	40.00	MPa resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	3.02	3.02	3.02	3.02	MPa resistenza media a trazione semplice
f_{ctm}	=	2.65	2.65	2.65	2.65	MPa resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.52	2.52	2.52	2.52	MPa tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15	coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00	coefficiente di omogeneizzazione cls tesato
Geometria						
B	=	1000	1000	1000	1000	mm base sezione
H	=	2500	2500	2500	2500	mm altezza sezione
Armatura						
n_1	=	10	5	10	5	n. tondini inferiori
\emptyset_1	=	26	22	26	22	mm diametro tondini inferiori
d_1	=	2450	2450	2450	2450	mm distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	5309	1901	5309	1901	mm ² area armatura inferiore
n_2	=	5	10	5	10	n. tondini superiori
\emptyset_2	=	22	26	22	26	mm diametro tondini superiori

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 130 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
	inf	sup	inf	sup		
d_2	= 50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	= 1901	5309	1901	5309	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni						
M	= 1824.0	259.2	2343.2	200.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	= 0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	= Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione						
A_{cls}	= 2500000	2500000	2500000	2500000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	= 7210.0	7210.0	7210.0	7210.0	mm ²	area armatura
A_{id}	= 2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	= 1273.5	1226.5	1273.5	1226.5	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	= 1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	= 747.3	747.3	747.3	747.3	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	= 818.2	788.0	818.2	788.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione						
$A_{cls,t}$	= -	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	= -	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	= -	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	= -	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	= -	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	= -	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	= -	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione						
	parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata						
Y_n	= 528.07	291.05	528.07	291.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	= 3.50E+11	1.46E+11	3.50E+11	1.46E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	= 0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	= -	-	-	-		
Tensioni nei materiali						
σ_c	= -2.75	-0.52	-3.54	-0.40	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	= 150.3	57.6	193.1	44.4	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione						
M_{fess}	= 2992.2	2881.6	2992.2	2881.6	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	= 1.64	11.12	1.28	14.41		check1
w_{max}	= 0.20	0.20	0.20	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
\emptyset_{max}	= -	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
σ_{s1}^*	= -	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
sp_s	= -	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
sp_i	= -	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
sp_{max}	= -	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 131 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb. QUASI PERM. Momento trasversale M11=Mx		comb. QUASI PERM. Momento longitudinale M22=My				
	inf	sup	inf	sup			
σ_{s2}^*	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
c	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm ²	area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
k_t	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 per carichi di lunga durata)
E_s	=	200000	200000	200000	200000	MPa	modulo elastico acciaio
d^*	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura ($5*(c+\varnothing/2)$)
k_1	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
ϵ_2	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
ϵ_1	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
k_2	=	-	-	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel caso di tensoflessione
k_3	=	-	-	-	-		
k_4	=	-	-	-	-		
Δ_{smax1}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure nella zona d^* attorno alle barre
Δ_{smax2}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona d^* attorno alle barre
Δ_{sm}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure
ϵ_{sm}	=	-	-	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
w_m	=	-	-	-	-	mm	apertura media delle fessure
w_d	=	-	-	-	-	mm	valore di calcoli di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

Dai risultati ottenuti emerge che il momento di prima fessurazione della sezione è sempre maggiore del momento di calcolo non è quindi necessario il calcolo dell'apertura delle fessure.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 132 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

10 ANALSI DEL PLINTO DI FONDAZIONE TIPO C – 6 PALI

Il plinto presenta pianta rettangolare di dimensioni 12,00×7,50 m ed altezza pari a 2,50 m. Esso è fondato su n. 6 pali Ø1500 mm posti ad interasse di 4.50 m.

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

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

Nelle seguenti figure si illustrano la geometria del plinto e la sua schematizzazione numerica.

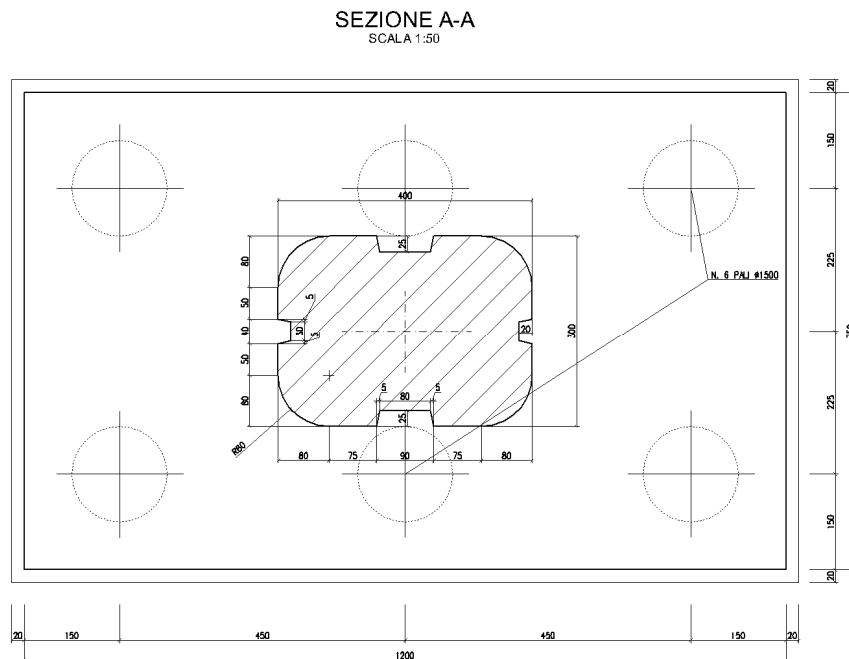


Figura 10-1 - Pianta del plinto di fondazione tipo C.

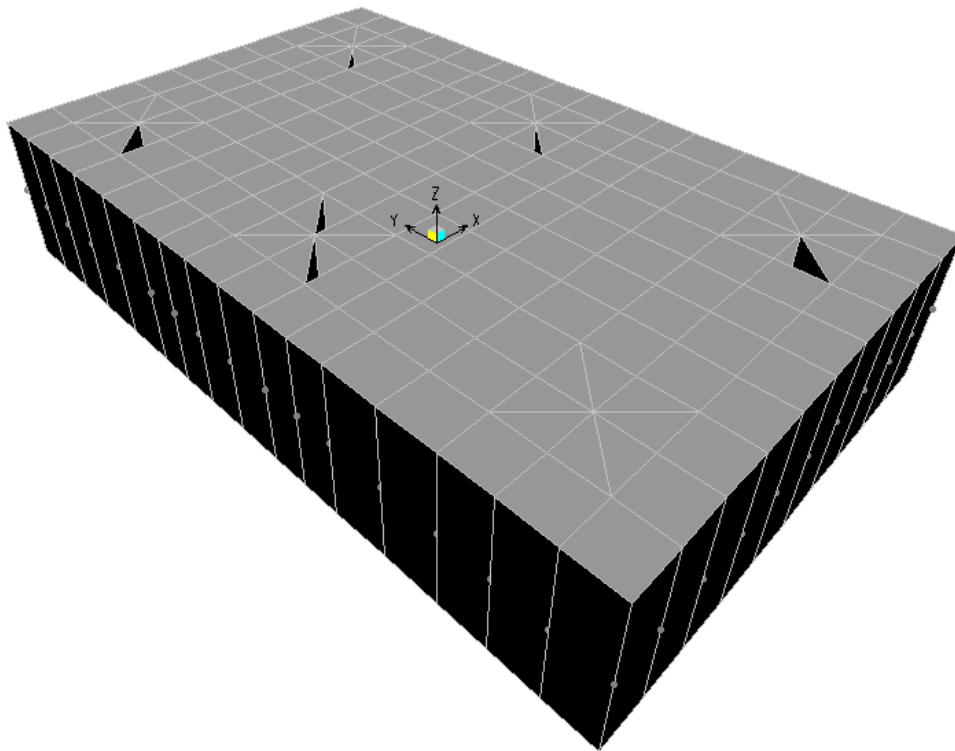


Figura 10-2 - Modello di calcolo del plinto.

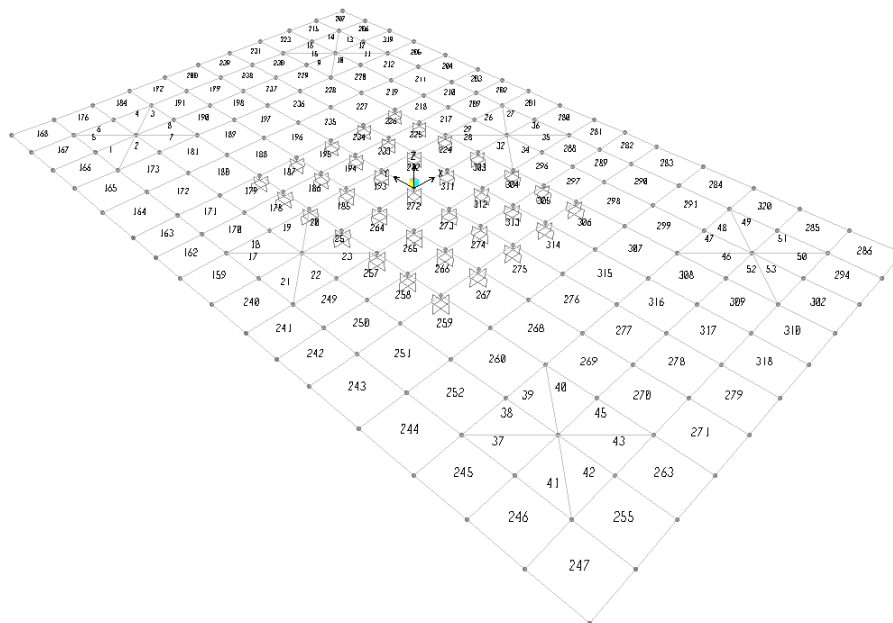


Figura 10-3 - Modello numerico con numerazione degli elementi shell.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 134 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

10.1 Analisi dei carichi e combinazioni di carico

Il plinto risulta sollecitato da forze concentrate in corrispondenza dei pali. I valori di tali azioni sono quelli determinati ai precedenti paragrafi dedicati all'analisi delle palificate. In particolare, di seguito si riportano le azioni sui pali della pila P11, alle quali si fa riferimento per il dimensionamento dei plinti tipo C, in quanto risultano essere le più gravose.

PILA	PALO	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLV-1	SLV-2	SLV-3
P11	1	6261	5155	5932	5288	5870	5139	5721	4359	4941	8260	8842	5271	4263	4379
	2	6261	7090	7360	7032	7234	6883	7085	6883	7085	6883	7085	5574	4878	4682
	3	6261	9024	8788	8775	8598	8626	8449	9406	9229	5505	5328	5877	5492	4984
	4	5167	4062	4838	3896	4478	4045	4627	3265	3847	7166	7748	2764	3148	3382
	5	5167	5996	6266	5639	5842	5789	5991	5789	5991	5789	5991	3066	3763	3685
	6	5167	7930	7694	7383	7206	7532	7355	8312	8135	4411	4234	3369	4378	3987

Tabella 10.1 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico relative alle verifiche di resistenza.

PILA	PALO	SLEf1	SLEf2	SLEf3	SLEf4	SLEf5	SLEf6	SLEf7	SLEf8
P11	1	4346	4177	4866	4697	3843	3673	4363	4193
	2	5031	4861	5031	4861	3959	3790	3959	3790
	3	5715	5546	5195	5026	4076	3906	3556	3386
	4	3675	3877	4196	4398	3172	3374	3692	3894
	5	4360	4562	4360	4562	3288	3491	3288	3491
	6	5044	5247	4524	4726	3405	3607	2885	3087

Tabella 10.2 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Frequenti relative alle verifiche agli SLE.

PILA	PALO	SLEp1	SLEp2
P11	1	4556	4415
	2	4556	4415
	3	4556	4415
	4	3916	4084
	5	3916	4084
	6	3916	4084

Tabella 10.3 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Quasi Permanenti relative alle verifiche agli SLE.

PILA	PALO	SLEc1	SLEc2	SLEc3	SLEc4	SLEc5	SLEc6	SLEc7	SLEc8
P11	1	3826	3656	5387	5217	3323	3153	4883	4713
	2	5031	4861	5031	4861	3959	3790	3959	3790
	3	6236	6066	4675	4505	4596	4426	3036	2866
	4	3155	3357	4716	4918	2652	2854	4212	4414
	5	4360	4562	4360	4562	3288	3491	3288	3491
	6	5565	5767	4004	4206	3925	4127	2365	2567

Tabella 10.4 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Rare relative alle verifiche agli SLE.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 135 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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:

$$g_2 = 18.0 \times 1.0 = 18.0 \text{ kPa} \quad (\text{peso terreno}).$$

Nelle combinazioni di carico sia il peso proprio del plinto, sia il peso del terreno di ricoprimento, sono stati combinati con le azioni esercitate dai pali impiegando un coefficiente parziale pari a 1.35; nelle combinazioni di carico SLE il coefficiente parziale è stato assunto di valore pari a 1.

10.2 Verifiche di resistenza per tensioni normali

Nelle seguenti figure si rappresentano gli involuipi massimi del momento flettente longitudinale (M_{11}) e trasversale (M_{22}). Tali momenti si intendono positivi se tendono le fibre inferiori del plinto.

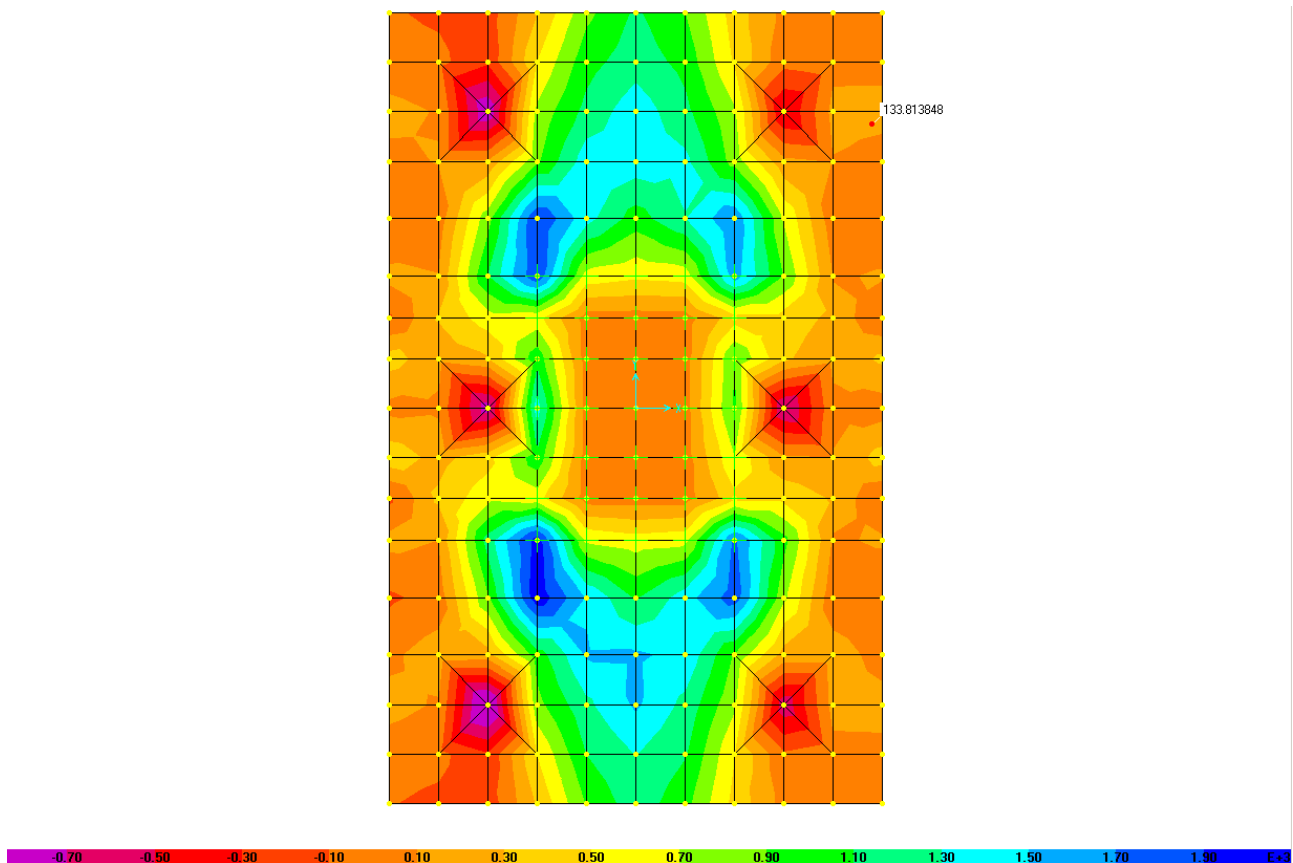


Figura 10-4: Involuppo dei massimi per il momento flettente longitudinale M_{11}

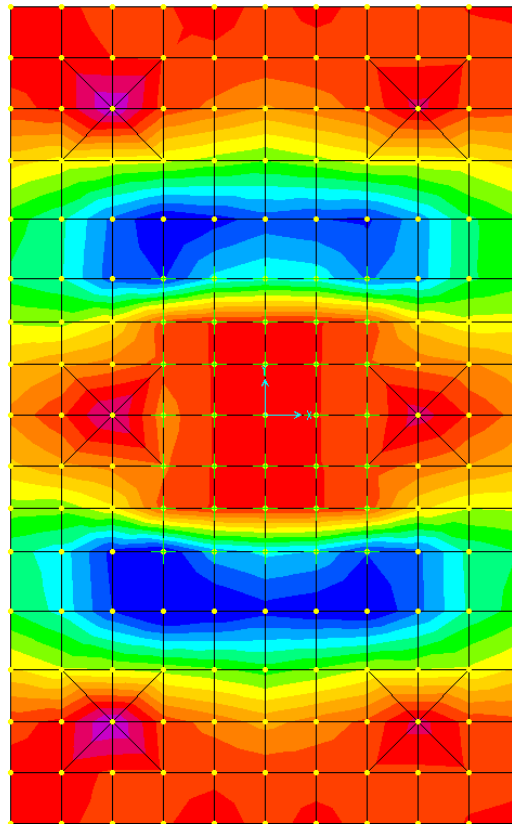


Figura 10-5: Involuppo dei massimi per il momento flettente trasversale M_{22}

Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo del plinto, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica.

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

PLINTO DI FONDAZIONE		$A_{res,TOT}$	M_{Sd}	M_{Rd}	FS	
Momento trasversale M_{22}		[cm^2]	[cm^2]	[cm^2]		
Arm-inf	10 Φ 26	53.1	4100	5028	1.23	OK momento trasversale $M_{x+}=M_{22}$
Arm-sup	5 Φ 22	19.0	370	1811	4.89	OK momento trasversale $M_{x-}=M_{22-}$
Momento longitudinale M_{11}						
Arm-inf	10 Φ 26	53.1	1990	5028	2.53	OK momento longitudinale $M_{y+}=M_{11+}$
Arm-sup	5 Φ 22	19.0	606	1811	2.99	OK momento longitudinale $M_{y-}=M_{11-}$

L'armatura inferiore posta in direzione trasversale è costituita da barre $\Phi 26/10$, mentre l' armatura superiore è costituita da $\Phi 22/20$. L'armatura inferiore posta in direzione longitudinale è costituita da barre $\Phi 26/10$, mentre l' armatura superiore è costituita da $\Phi 22/20$.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 137 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

10.3 Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali

Sulla base delle mappe tensionali generate dal modello di calcolo sono state estrapolate le sollecitazioni di taglio massime V13 e V23. Successivamente, è stata condotta la verifica SLU per tensioni tangenziali riferendosi ad una sezione 1.00 x 2.50 m. Nel seguito si riporta la procedura di calcolo seguita.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

sezione di verifica	plinto	plinto		
corrispondente a	V13max	V23max		
Sollecitazioni				
V	= 2200	3274	kN	taglio
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}	= 32.0	32.0	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}	= 18.1	18.1	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}	= 7209.0	7209.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	= 0.00288	0.00288		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 tensione media di compressione adottata
σ _{cp,ad}	= 0.0	0.0	MPa	(≤0.2f _{cd})
V _{Rd}	= 792.8	792.8	kN	taglio resistente
check	= NO	NO		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
∅ _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
ctgθ (V)	= 22.7	15.2		
ctgθ	= 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 138 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

f_{cd}	=	9.07	9.07	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	14280.0	14280.0	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	3903.3	3903.3	kN	taglio resistente sezione
check	=	OK	OK		

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

10.4 Verifiche a fessurazione

Le verifiche in oggetto vengono eseguite confrontando l'apertura delle fessure con l'apertura limite fissata dalle norme. Nell'ipotesi di ambiente moderatamente aggressivo, l'apertura limite delle fessure vale 0.2 mm per le combinazioni di carico Frequenti, e 0.3 mm per le combinazioni di carico Quasi Permanenti

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

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

diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	32	32	32	32
200	25	25	25	25
240	16	16	16	16
280	12	12	12	12
320	10	10	10	10
360	8	8	8	8

spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	300	300	300	300
200	250	250	250	250
240	200	200	200	200
280	150	150	150	150
320	100	100	100	100
360	50	50	50	50

M_{Ed}	=	1197	306	2214	220	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N_{Ed}	=	0	0	0	0	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE
--	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Materiali

R_{ck}	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	32	32	32	32	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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 139 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb.	comb.	comb.	comb.		
	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
	inf	sup	inf	sup		
f_{cm}	= 40.00	40.00	40.00	40.00	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	= 3.02	3.02	3.02	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctm}	= 2.65	2.65	2.65	2.65	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	= 2.52	2.52	2.52	2.52	MPa	tensione limite apertura fessure
n	= 15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	= 0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls tesò
Geometria						
B	= 1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	= 2500	2500	2500	2500	mm	altezza sezione
Armatura						
n_1	= 10	5	10	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	= 26	22	26	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	= 2450	2450	2450	2450	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	= 5309	1901	5309	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	= 5	10	5	10		n. tondini superiori
\varnothing_2	= 22	26	22	26	mm	diametro tondini superiori
d_2	= 50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	= 1901	5309	1901	5309	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni						
M	= 1197.0	306.0	2214.0	220.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	= 0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	= Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione						
A_{cls}	= 2500000	2500000	2500000	2500000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	= 7210.0	7210.0	7210.0	7210.0	mm ²	area armatura
A_{id}	= 2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	= 1273.5	1226.5	1273.5	1226.5	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	= 1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	= 747.3	747.3	747.3	747.3	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	= 818.2	788.0	818.2	788.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione						
$A_{cls,t}$	= -	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo tesò omogeneizzato
A_s	= -	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	= -	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	= -	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	= -	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	= -	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	= -	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione						
	parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata						
Y_n	= 528.07	291.05	528.07	291.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 140 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb.		comb.				
	FREQUENTE		FREQUENTE				
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My				
	inf	sup	inf	sup			
J_n	=	3.50E+11	1.46E+11	3.50E+11	1.46E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-1.81	-0.61	-3.34	-0.44	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	98.7	68.0	182.5	48.9	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	2992.2	2881.6	2992.2	2881.6	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	2.50	9.42	1.35	13.10		check1
w_{max}	=	0.30	0.30	0.30	0.30	mm	valore limite ampiezza fessure
\varnothing_{max}	=	-	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
σ_{s1}^*	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
sp_s	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
sp_i	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
sp_{max}	=	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
σ_{s2}^*	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
c	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm ²	area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
k_t	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 per carichi di lunga durata)
E_s	=	200000	200000	200000	200000	MPa	modulo elastico acciaio
d^*	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura ($5*(c+\varnothing/2)$)
k_1	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
ϵ_2	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
ϵ_1	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
k_2	=	-	-	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel caso di tensoflessione
k_3	=	-	-	-	-		
k_4	=	-	-	-	-		
Δ_{smax1}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure nella zona d^* attorno alle barre
Δ_{smax2}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona d^* attorno alle barre
Δ_{sm}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure
ϵ_{sm}	=	-	-	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
w_m	=	-	-	-	-	mm	apertura media delle fessure
w_d	=	-	-	-	-	mm	valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 141 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

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

diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
160	25	25	25	25
200	16	16	16	16
240	12	12	12	12
280	8	8	8	8
320	6	6	6	6
360	0	0	0	0

spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
160	200	200	200	200
200	150	150	150	150
240	100	100	100	100
280	50	50	50	50
320	0	0	0	0
360	0	0	0	0

M_{Ed}	=	958	245	1771	176	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N_{Ed}	=	0	0	0	0	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

	comb.	comb.	comb.	comb.
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.

Materiali

Rck	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	32	32	32	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	40.00	40.00	40.00	40.00	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	3.02	3.02	3.02	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctm}	=	2.65	2.65	2.65	2.65	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.52	2.52	2.52	2.52	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls tesso

Geometria

B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	2500	2500	2500	2500	mm	altezza sezione

Armatura

n_1	=	10	5	10	5		n. tondini inferiori
\emptyset_1	=	26	22	26	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	2450	2450	2450	2450	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	5309	1901	5309	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	10	5	10		n. tondini superiori
\emptyset_2	=	22	26	22	26	mm	diametro tondini superiori

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 142 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb.	comb.	comb.	comb.		
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
	inf	sup	inf	sup		
d ₂	= 50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	= 1901	5309	1901	5309	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni						
M	= 957.6	244.8	1771.2	176.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	= 0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	= Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione						
A _{cls}	= 2500000	2500000	2500000	2500000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	= 7210.0	7210.0	7210.0	7210.0	mm ²	area armatura
A _{id}	= 2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	mm ²	area sezione ideale
d _G	= 1273.5	1226.5	1273.5	1226.5	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	= 1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	= 747.3	747.3	747.3	747.3	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	= 818.2	788.0	818.2	788.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione						
A _{cls,t}	= -	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	= -	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	= -	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	= -	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	= -	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id,t}	= -	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,i}	= -	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione						
	parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata						
Y _n	= 528.07	291.05	528.07	291.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J _n	= 3.50E+11	1.46E+11	3.50E+11	1.46E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S _n	= 0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
f(Y _n)=0	= -	-	-	-		
Tensioni nei materiali						
σ _c	= -1.45	-0.49	-2.67	-0.35	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ _s	= 78.9	54.4	146.0	39.1	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione						
M _{fess}	= 2992.2	2881.6	2992.2	2881.6	kNm	momento limite di apertura fessure
M _{fess} / M	= 3.12	11.77	1.69	16.37		check1
w _{max}	= 0.20	0.20	0.20	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
Ø _{max}	= -	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
σ* _{s1}	= -	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
sp _s	= -	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
sp _i	= -	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
sp _{max}	= -	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 143 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb.		comb.				
	QUASI PERM.		QUASI PERM.				
	inf	sup	inf	sup			
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My				
σ_{s2}^*	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
c	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm ²	area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
k_t	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 per carichi di lunga durata)
E_s	=	200000	200000	200000	200000	MPa	modulo elastico acciaio
d^*	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura ($5*(c+\varnothing/2)$)
k_1	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
ϵ_2	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
ϵ_1	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
k_2	=	-	-	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel caso di tensoflessione
k_3	=	-	-	-	-		
k_4	=	-	-	-	-		
Δ_{smax1}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure nella zona d^* attorno alle barre
Δ_{smax2}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona d^* attorno alle barre
Δ_{sm}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure
ϵ_{sm}	=	-	-	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
w_m	=	-	-	-	-	mm	apertura media delle fessure
w_d	=	-	-	-	-	mm	valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

Dai risultati ottenuti emerge che il momento di prima fessurazione della sezione è sempre maggiore del momento di calcolo non è quindi necessario il calcolo dell'apertura delle fessure.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 144 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

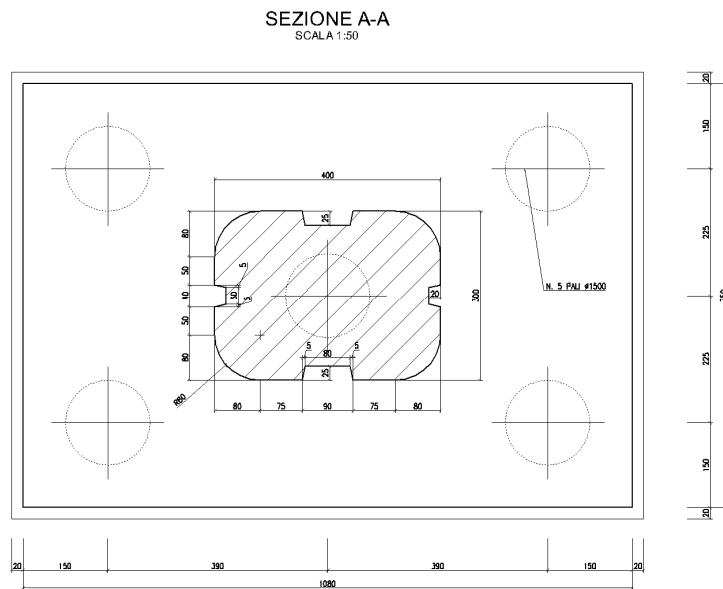
11 ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE TIPO D – 5 PALI

Il plinto presenta pianta rettangolare di dimensioni 10,80×7,50 m ed altezza pari a 2,50 m. Esso è fondato su n. 5 pali Ø1500 mm posti ad interasse di 4.50 m.

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

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

Nelle seguenti figure si illustrano la geometria del plinto e la sua schematizzazione numerica.



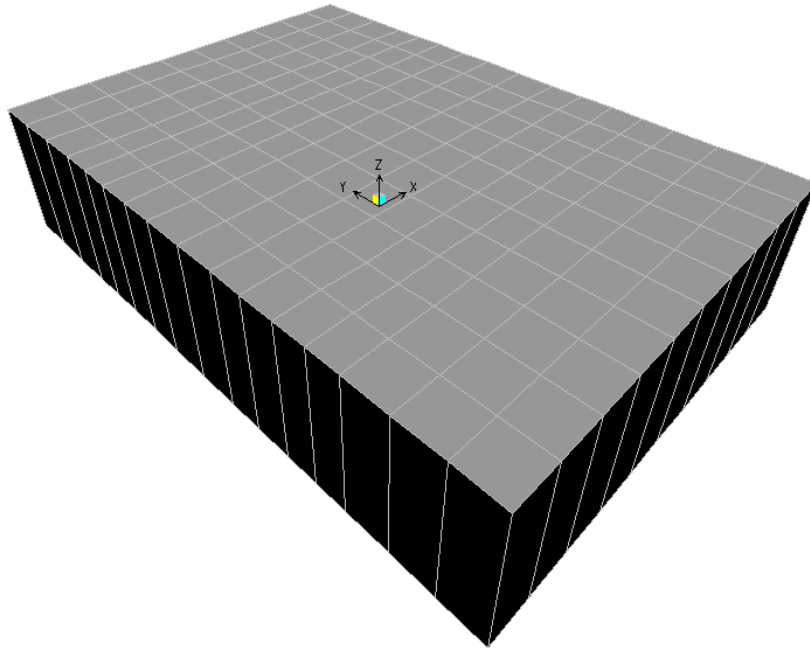


Figura 11-2 - Modello di calcolo del plinto.

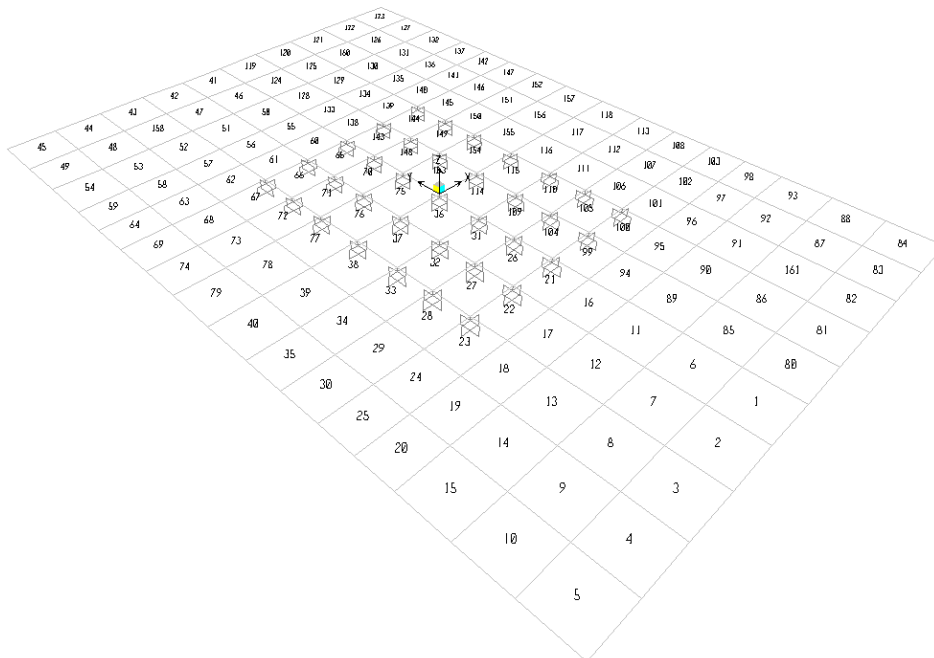


Figura 11-3 - Modello numerico con numerazione degli elementi shell.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 146 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

11.1 Analisi dei carichi e combinazioni di carico

Il plinto risulta sollecitato da forze concentrate in corrispondenza dei pali. I valori di tali azioni sono quelli determinati ai precedenti paragrafi dedicati all'analisi delle palificate. In particolare, di seguito si riportano le azioni sui pali della pila P01, alle quali si fa riferimento per il dimensionamento dei plinti tipo D, in quanto risultano essere le più gravose.

PILA	PALO	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLV-1	SLV-2	SLV-3
P01	1	6284	5849	6680	5936	6559	5824	6447	5469	6092	7248	7871	4664	4284	4166
	2	6284	8563	8304	8238	8044	8127	7932	8483	8288	6704	6509	5053	4820	4555
	3	5856	6779	7064	6548	6762	6548	6762	6548	6762	6548	6762	4231	4231	4100
	4	5429	4994	5825	4858	5481	4969	5592	4613	5236	6392	7015	3409	3641	3645
	5	5429	7708	7449	7160	6966	7272	7077	7627	7433	5848	5654	3797	4177	4034

Tabella 11.1 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico relative alle verifiche di resistenza.

PILA	PALO	SLEf1	SLEf2	SLEf3	SLEf4	SLEf5	SLEf6	SLEf7	SLEf8
P01	1	4524	4234	4761	4472	3952	3663	4189	3900
	2	5676	5386	5438	5149	3880	3591	3643	3354
	3	4832	4705	4832	4705	3648	3521	3648	3521
	4	3988	4023	4225	4260	3416	3452	3653	3689
	5	5140	5175	4902	4938	3344	3380	3107	3142

Tabella 11.2 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Frequenti relative alle verifiche agli SLE.

PILA	PALO	SLEp1	SLEp2
P01	1	4563	4322
	2	4563	4322
	3	4309	4203
	4	4054	4084
	5	4054	4084

Tabella 11.3 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Quasi Permanenti relative alle verifiche agli SLE.

PILA	PALO	SLEc1	SLEc2	SLEc3	SLEc4	SLEc5	SLEc6	SLEc7	SLEc8
P01	1	4286	3997	4998	4709	3715	3426	4427	4137
	2	5913	5624	5201	4912	4117	3828	3406	3117
	3	4832	4705	4832	4705	3648	3521	3648	3521
	4	3750	3786	4462	4498	3179	3215	3891	3926
	5	5377	5412	4665	4701	3581	3617	2870	2905

Tabella 11.4 - Azioni esercitate dai pali nelle combinazioni di carico Rare relative alle verifiche agli SLE.

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 147 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

implementata nel modello di calcolo come un carico di superficie uniformemente distribuito sull'estradosso del plinto, ma al di fuori della superficie di ingombro della sezione di base della pila, di valore pari a:

$$g_2 = 18.0 \times 1.0 = 18.0 \text{ kPa} \quad (\text{peso terreno}).$$

Nelle combinazioni di carico sia il peso proprio del plinto, sia il peso del terreno di ricoprimento, sono stati combinati con le azioni esercitate dai pali impiegando un coefficiente parziale pari a 1.35; nelle combinazioni di carico SLE il coefficiente parziale è stato assunto di valore pari a 1.

11.2 Verifiche di resistenza per tensioni normali

Nelle seguenti figure si rappresentano gli involuipi massimi del momento flettente longitudinale (M_{11}) e trasversale (M_{22}). Tali momenti si intendono positivi se tendono le fibre inferiori del plinto.

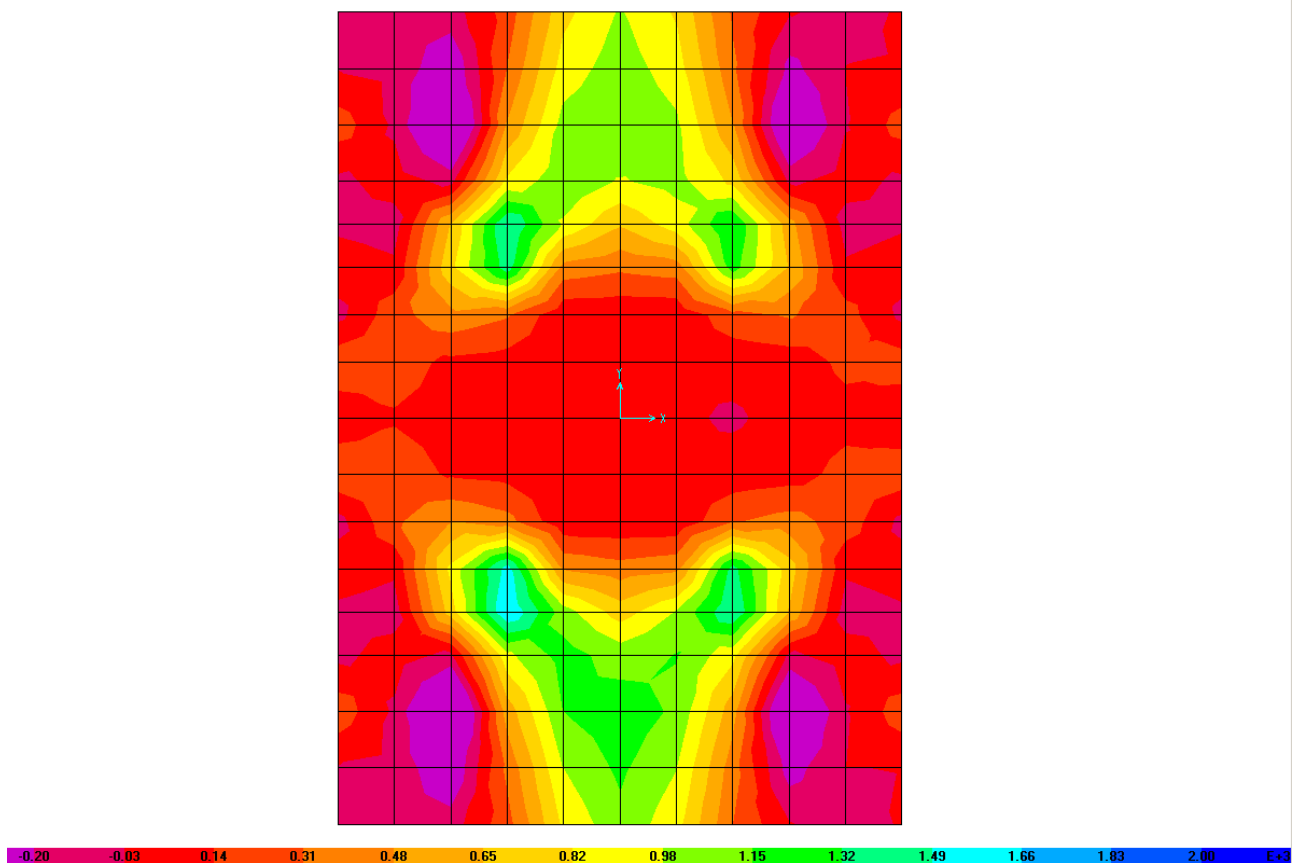


Figura 11-4: Involuppo dei massimi per il momento flettente longitudinale M_{11}

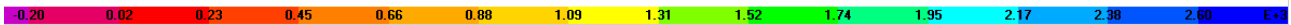
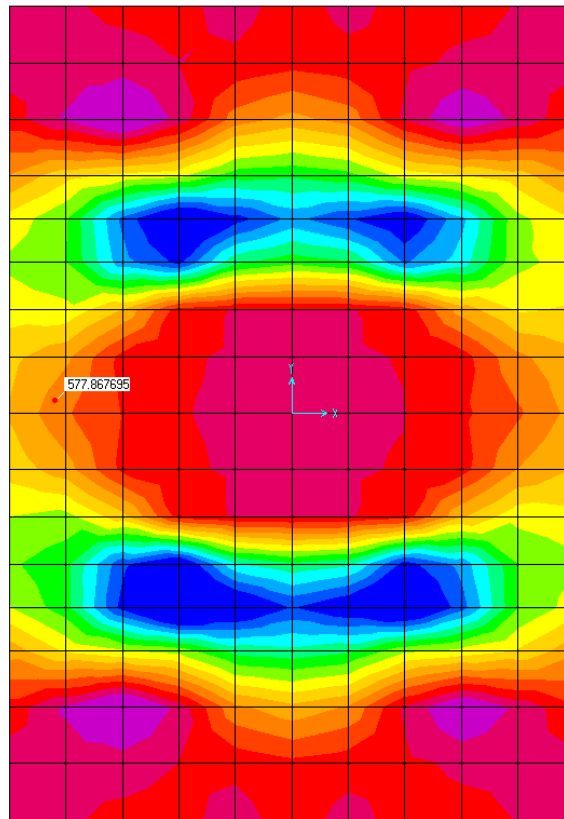


Figura 11-5: Involuppo dei massimi per il momento flettente trasversale M_{22}

Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo del plinto, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica.

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

PLINTO DI FONDAZIONE		$A_{res,TOT}$	M_{Sd}	M_{Rd}	FS		
Momento trasversale M_{22}		[cm^2]	[cm^2]	[cm^2]			
Arm-inf	10 Φ 26	53.1	3200	5028	1.57	OK	momento trasversale $M_{x+}=M_{22}$
Arm-sup	5 Φ 22	19.0	980	1811	1.85	OK	momento trasversale $M_{x-}=M_{22-}$
Momento longitudinale M_{11}							
Arm-inf	10 Φ 26	53.1	1960	5028	2.57	OK	momento longitudinale $M_{y+}=M_{11+}$
Arm-sup	5 Φ 22	19.0	970	1811	1.87	OK	momento longitudinale $M_{y-}=M_{11-}$

L'armatura inferiore posta in direzione trasversale è costituita da barre $\Phi 26/10$, mentre l'armatura superiore è costituita da $\Phi 22/20$. L'armatura inferiore posta in direzione longitudinale è costituita da barre $\Phi 26/10$, mentre l'armatura superiore è costituita da $\Phi 22/20$.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 149 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

11.3 Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali

Sulla base delle mappe tensionali generate dal modello di calcolo sono state estrapolate le sollecitazioni di taglio massime V13 e V23. Successivamente, è stata condotta la verifica SLU per tensioni tangenziali riferendosi ad una sezione 1.00 x 2.50 m. Nel seguito si riporta la procedura di calcolo seguita.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

	plinto	plinto		
	V13max	V23max		
Sollecitazioni				
V	= 1990	2900	kN	taglio
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}	= 32.0	32.0	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}	= 19.8	19.8	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}	= 7209.0	7209.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	= 0.00288	0.00288		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
				tensione media di compressione adottata
σ _{cp,ad}	= 0.0	0.0	MPa	(<=0.2f _{cd})
V _{Rd}	= 816.9	816.9	kN	taglio resistente
check	= NO	NO		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
∅ _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∅ (V)	= 27.4	18.8		
ctg∅	= 2.5	2.5		
∅	= 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}	= 9.92	9.92	MPa	resistenza ridotta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 150 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

V_{Rcd}	=	15618.8	15618.8	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	3903.3	3903.3	kN	taglio resistente sezione
check	=	OK	OK		

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

11.4 Verifiche a fessurazione

Le verifiche in oggetto vengono eseguite confrontando l'apertura delle fessure con l'apertura limite fissata dalle norme. Nell'ipotesi di ambiente moderatamente aggressivo, l'apertura limite delle fessure vale 0.2 mm per le combinazioni di carico Frequenti, e 0.3 mm per le combinazioni di carico Quasi Permanenti

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

	comb.		comb.		
	FREQUENTE		FREQUENTE		
	inf	sup	inf	sup	
Momento trasversale M11=Mx Momento longitudinale M22=My					
diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione					
σ_s	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø	
160	32	32	32	32	
200	25	25	25	25	
240	16	16	16	16	
280	12	12	12	12	
320	10	10	10	10	
360	8	8	8	8	
spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione					
σ_s	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø	
160	300	300	300	300	
200	250	250	250	250	
240	200	200	200	200	
280	150	150	150	150	
320	100	100	100	100	
360	50	50	50	50	
comb.					
M_{Ed}	=	991	414	2033	322
					kNm
Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)					
N_{Ed}	=	0	0	0	0
					kN
Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)					
	comb.		comb.		
	FREQUENTE		FREQUENTE		
Materiali					
R_{ck}	=	40	40	40	40
					MPa
resistenza caratteristica cubica					
f_{ck}	=	32	32	32	32
					MPa
resistenza caratteristica cilindrica					
f_{cm}	=	40.00	40.00	40.00	40.00
					MPa
resistenza cilindrica media					

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 151 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

		comb.		comb.		comb.		comb.	
		FREQUENTE		FREQUENTE		FREQUENTE		FREQUENTE	
		Momento trasversale M11=Mx				Momento longitudinale M22=My			
		inf	sup	inf	sup	inf	sup	inf	sup
f_{ctm}	=	3.02	3.02	3.02	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice		
f_{ctm}	=	2.65	2.65	2.65	2.65	MPa	resistenza media a trazione per flessione		
σ_t	=	2.52	2.52	2.52	2.52	MPa	tensione limite apertura fessure		
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature		
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso		
Geometria									
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione		
H	=	2500	2500	2500	2500	mm	altezza sezione		
Armatura									
n_1	=	10	5	10	5		n. tondini inferiori		
\varnothing_1	=	26	22	26	22	mm	diametro tondini inferiori		
d_1	=	2450	2450	2450	2450	mm	distanza da lembo compresso		
A_{s1}	=	5309	1901	5309	1901	mm ²	area armatura inferiore		
n_2	=	5	10	5	10		n. tondini superiori		
\varnothing_2	=	22	26	22	26	mm	diametro tondini superiori		
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)		
A_{s2}	=	1901	5309	1901	5309	mm ²	area armatura superiore		
Sollecitazioni									
M	=	991.0	414.0	2033.0	322.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)		
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)		
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità		
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione									
A_{cls}	=	2500000	2500000	2500000	2500000	mm ²	area calcestruzzo		
A_s	=	7210.0	7210.0	7210.0	7210.0	mm ²	area armatura		
A_{id}	=	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	mm ²	area sezione ideale		
d_G	=	1273.5	1226.5	1273.5	1226.5	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore		
J_{id}	=	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale		
ρ_{id}	=	747.3	747.3	747.3	747.3	mm	raggio d'inerzia sezione		
$Y_{nocc,s}$	=	818.2	788.0	818.2	788.0	mm	quota punto di nocciolo superiore		
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione									
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato		
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura		
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale		
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore		
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale		
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione		
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore		
Comportamento sezione									
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata				
Caratteristiche sezione parzializzata									
Y_n	=	528.07	291.05	528.07	291.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso		
J_n	=	3.50E+11	1.46E+11	3.50E+11	1.46E+11	mm ⁴	momento d'inerzia 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: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 152 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

		comb.		comb.		comb.		comb.				
		FREQUENTE		FREQUENTE		FREQUENTE		FREQUENTE				
		Momento trasversale M11=Mx				Momento longitudinale M22=My						
		inf	sup	inf	sup	inf	sup	inf	sup			
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00					mm ³	momento statico sezione parzializzata	
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-							
Tensioni nei materiali												
σ_c	=	-1.50	-0.83	-3.07	-0.64	MPa						tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	81.7	92.0	167.6	71.6	MPa						tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione												
M_{fess}	=	2992.2	2881.6	2992.2	2881.6	kNm						momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	3.02	6.96	1.47	8.95							check1
w_{max}	=	0.30	0.30	0.30	0.30	mm						valore limite ampiezza fessure
\varnothing_{max}	=	-	-	-	-	mm						diametro massimo delle barre
σ_{s1}^*	=	-	-	-	-	MPa						limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
sp_s	=	-	-	-	-							spaziatura delle barre superiori
sp_i	=	-	-	-	-							spaziatura delle barre inferiori
sp_{max}	=	-	-	-	-	mm						spaziatura massima delle barre
σ_{s2}^*	=	-	-	-	-	MPa						limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa						limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-							check2
c	=	-	-	-	-	mm						ricoprimento armatura
$h_{cl,eff}$	=	-	-	-	-	mm						altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm						altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm ²						area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	=	-	-	-	-							rapporto $A_s/A_{c,eff}$
k_t	=	-	-	-	-							fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 per carichi di lunga durata)
E_s	=	200000	200000	200000	200000	MPa						modulo elastico acciaio
d^*	=	-	-	-	-	mm						zona efficace armatura ($5*(c+\varnothing/2)$)
k_1	=	-	-	-	-							0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
ε_2	=	-	-	-	-							deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
ε_1	=	-	-	-	-							deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
k_2	=	-	-	-	-							0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\varepsilon_1+\varepsilon_2)/2\varepsilon_1$ nel caso di trazione semplice
k_3	=	-	-	-	-							
k_4	=	-	-	-	-							
Δ_{smax1}	=	-	-	-	-	mm						distanza media tra le fessure nella zona d^* attorno alle barre
Δ_{smax2}	=	-	-	-	-	mm						distanza media tra le fessure al di fuori della zona d^* attorno alle barre
Δ_{sm}	=	-	-	-	-	mm						distanza media tra le fessure
ε_{sm}	=	-	-	-	-							deformazione unitaria media delle barre di armatura
w_m	=	-	-	-	-	mm						apertura media delle fessure
w_d	=	-	-	-	-	mm						valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato							check3
		comb.	comb.	comb.	comb.							

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 153 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

QUASI PERM. QUASI PERM. QUASI PERM. QUASI PERM.

Momento trasversale M11=Mx Momento longitudinale M22=My

inf sup inf sup

diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	25	25	25	25
200	16	16	16	16
240	12	12	12	12
280	8	8	8	8
320	6	6	6	6
360	0	0	0	0

spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	200	200	200	200
200	150	150	150	150
240	100	100	100	100
280	50	50	50	50
320	0	0	0	0
360	0	0	0	0

comb.

M_{Ed}	=	793	331	1626	258	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N_{Ed}	=	0	0	0	0	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

comb. comb. comb. comb.
QUASI PERM. QUASI PERM. QUASI PERM. QUASI PERM.

Materiali

Rck	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	32	32	32	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	40.00	40.00	40.00	40.00	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	3.02	3.02	3.02	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctm}	=	2.65	2.65	2.65	2.65	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.52	2.52	2.52	2.52	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso

Geometria

B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	2500	2500	2500	2500	mm	altezza sezione

Armatura

n_1	=	10	5	10	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	26	22	26	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	2450	2450	2450	2450	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	5309	1901	5309	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	10	5	10		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	22	26	22	26	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 154 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb.	comb.	comb.	comb.		
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My			
	inf	sup	inf	sup		
A _{s2}	= 1901	5309	1901	5309	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni						
M	= 792.8	331.2	1626.4	257.6	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	= 0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	= Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione						
A _{cls}	= 2500000	2500000	2500000	2500000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	= 7210.0	7210.0	7210.0	7210.0	mm ²	area armatura
A _{id}	= 2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	2.61E+06	mm ²	area sezione ideale
d _G	= 1273.5	1226.5	1273.5	1226.5	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	= 1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	1.46E+12	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	= 747.3	747.3	747.3	747.3	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	= 818.2	788.0	818.2	788.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione						
A _{cls,t}	= -	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	= -	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	= -	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	= -	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	= -	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id,t}	= -	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,i}	= -	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione						
	parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata						
Y _n	= 528.07	291.05	528.07	291.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J _n	= 3.50E+11	1.46E+11	3.50E+11	1.46E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S _n	= 0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
f(Y _n)=0	= -	-	-	-		
Tensioni nei materiali						
σ _c	= -1.20	-0.66	-2.46	-0.51	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ _s	= 65.3	73.6	134.1	57.2	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione						
M _{fess}	= 2992.2	2881.6	2992.2	2881.6	kNm	momento limite di apertura fessure
M _{fess} / M	= 3.77	8.70	1.84	11.19		check1
w _{max}	= 0.20	0.20	0.20	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
Ø _{max}	= -	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
σ* _{s1}	= -	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
sp _s	= -	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
sp _i	= -	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
sp _{max}	= -	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
σ* _{s2}	= -	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 155 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

	comb.		comb.				
	QUASI PERM.		QUASI PERM.				
	inf	sup	inf	sup			
	Momento trasversale M11=Mx		Momento longitudinale M22=My				
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
c	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm ²	area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
k_t	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 per c
E_s	=	200000	200000	200000	200000	MPa	modulo elastico acciaio
d^*	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura ($5*(c+\varnothing/2)$)
k_1	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
ϵ_2	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
ϵ_1	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
k_2	=	-	-	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel caso
k_3	=	-	-	-	-		
k_4	=	-	-	-	-		
Δ_{smax1}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure nella zona d^* attorno alle barre
Δ_{smax2}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona d^* attorno alle barre
Δ_{sm}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure
ϵ_{sm}	=	-	-	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
w_m	=	-	-	-	-	mm	apertura media delle fessure
w_d	=	-	-	-	-	mm	valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

Dai risultati ottenuti emerge che il momento di prima fessurazione della sezione è sempre maggiore del momento di calcolo non è quindi necessario il calcolo dell'apertura delle fessure.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Giulfo
	Relazione di Calcolo Pile
	Pagina 156 di 156
	Nome file: VI01-C-CL004_B.00_relazione_pile.doc

12 ISOLATORI SISMICI

Si riportano di seguito le massime azioni agenti sugli isolatori elastomerici e gli spostamenti massimi ottenuti dalla risoluzione del modello di calcolo globale del viadotto. Si segnala che le azioni e gli spostamenti in condizioni sismiche riportati nel seguito fanno riferimento all'analisi sismica con spettro elastico allo stato limite di collasso (SLC).

Tabella 12.1 - Massime azioni sugli isolatori

CONDIZIONI STATICHE			CONDIZIONI SISMICHE		
Massima azione verticale	Massima azione longitudinale	Massima azione trasversale	Massima azione verticale	Massima azione longitudinale	Massima azione trasversale
Pstat	V2stat	V3stat	Psism	V2sism	V3sism
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
12944	438	791	6400	579	163

Tabella 12.2 - Spostamenti massimi.

Massimo spostamento in condizioni statiche	Massimo spostamento in condizioni sismiche
Ustat	Usism
[mm]	[mm]
204	191

Lo spostamento orizzontale U è stato ottenuto dalla combinazione vettoriale dello spostamento longitudinale U2 e dello spostamento trasversale U3.