

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 San Filippo Neri

Relazione di calcolo Pile - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 4 8 V I 2 0 5 V I 0 5 C C L 0 0 5 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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 1 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	INTRODUZIONE	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	3
1.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
1.3.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	5
1.3.2	<i>Calcestruzzo</i>	6
1.3.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	7
1.4	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	8
2	ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO	9
2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	9
2.1.1	<i>Calcolo della rigidezza effettiva delle pile</i>	10
2.2	ANALISI DEI CARICHI	10
2.2.1	<i>Peso Proprio (g1)</i>	10
2.2.2	<i>Permanenti portati su impalcato (g2)</i>	11
2.2.3	<i>Effetti del ritiro (ε_2)</i>	11
2.2.4	<i>Effetti della temperatura (ε_3)</i>	11
2.2.5	<i>Carichi mobili (q1)</i>	12
2.2.6	<i>Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)</i>	13
2.2.7	<i>Azione di frenatura/accelerazione (q3)</i>	13
2.2.8	<i>Forza centrifuga (Q4)</i>	13
2.2.9	<i>Azione di neve, vento (q5)</i>	13
2.2.10	<i>Azione sismica (q6)</i>	14
2.2.11	<i>Resistenza parassita dei vincoli (q7)</i>	16
2.3	RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO	17
3	SOLLECITAZIONI	19
3.1	SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	19
3.1.1	<i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i>	19
3.1.2	<i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i>	20
3.1.3	<i>Azioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata</i>	20
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO	21
3.3	SOLLECITAZIONI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	22
3.3.1	<i>Sollecitazioni nella sezione di base delle pile</i>	22
3.3.2	<i>Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino</i>	23
3.3.3	<i>Sollecitazioni sulla palificata</i>	24
4	VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE	35
4.1	S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE	35
4.2	S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO	38
4.3	S.L.E. – FESSURAZIONE	40
4.4	S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI	41
5	EFFETTI DEL SECONDO ORDINE	43
5.1	METODO BASATO SULLA CURVATURA NOMINALE	43
5.1.1	<i>Valutazione della snellezza</i>	43
5.1.2	<i>Viscosità</i>	44
5.1.3	<i>Momenti flettenti</i>	44
5.1.4	<i>Curvatura</i>	45
5.1.5	<i>Flessione deviata</i>	45
5.2	VERIFICA ALL'INSTABILITÀ	47
5.2.1	<i>Momenti di calcolo al secondo ordine</i>	47
5.2.2	<i>Verifica di resistenza per l'instabilità</i>	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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 2 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

6	VERIFICA DEL PULVINO	54
6.1	VERIFICA BAGGIOLI	55
7	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE	57
7.1	VERIFICHE STRUTTURALI	57
7.1.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione	58
7.1.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	59
7.1.3	S.L.E. – Fessurazione.....	60
7.1.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni.....	62
7.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI.....	63
7.2.1	S.L.U. – Verifica a carico limite verticale	63
7.2.2	S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale	66
8	DISPOSITIVI ANTISISMICI	67
9	ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE	69

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 3 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

1 GENERALITÀ

1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle pile della carreggiata destra del viadotto San Filippo Neri, 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 in rettilineo. Ciascuna delle due carreggiate è composta da n. 3 campate, con campata centrale di luce pari a 68.0 m e campate di riva di luce pari rispettivamente a 54.0 m e 50.5 m rispettivamente per la carreggiata sx e dx.

campate carr. SX	L [m]
1	54.0
2	68.0
3	54.0

campate carr. DX	L [m]
1	50.5
2	68.0
3	50.5

L'impalcato di ciascuna carreggiata è realizzato in acciaio-clc con schema statico di trave continua su 4 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.

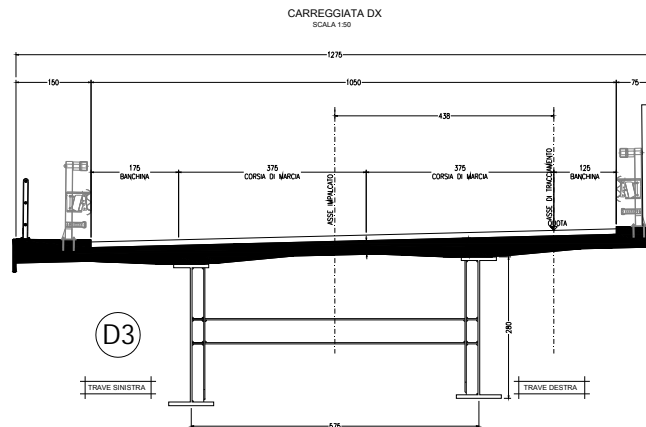
I traversi sono ad anima piena con sezione trasversale a doppia "T".

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

La soletta in calcestruzzo presenta larghezza complessiva di 12.75 m, e spessore variabile, pari a 375 mm in asse travi e 210 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 in sezione corrente.



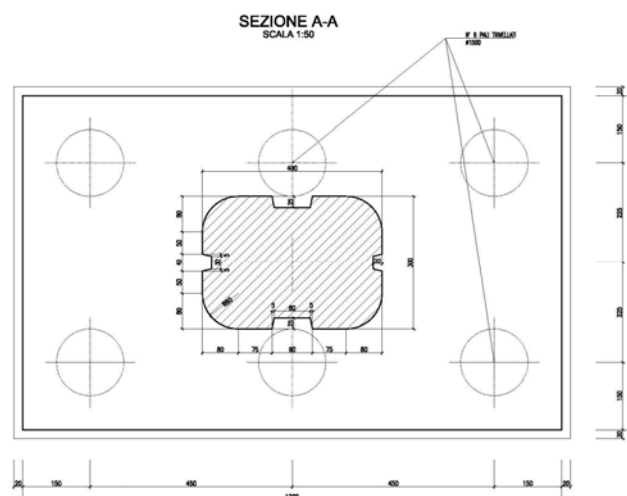
Le pile sono realizzate in c.a.. Esse presentano una sagoma cruciforme e sono costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo di dimensioni 4.00 m × 3.00 m, e da un pulvino a sezione variabile che si allarga seguendo una curva circolare fino a raggiungere una larghezza tale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

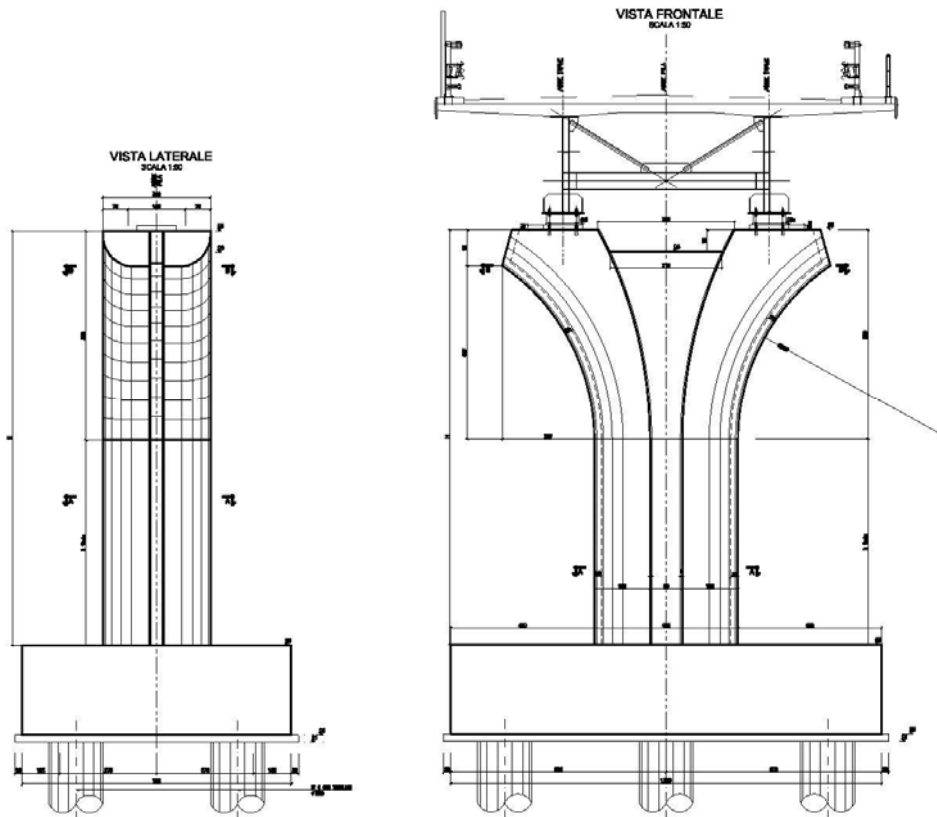
carreggiata SX	
pila	H [m]
P01	22.66
P02	21.46

carreggiata DX	
pila	H [m]
P01	14.26
P02	15.46

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

Nelle seguenti figure si illustra la geometria delle pile attraverso una pianta spiccato, un prospetto laterale ed una sezione trasversale.





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.

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

1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.3.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per l'umidità ambientale si assume $RH = 70 \%$. Per quanto riguarda le classi di esposizione, si prevede l'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, si applicheranno le seguenti classi di esposizione:

- pali: XC2;
- zattere di pile: XA1;
- elevazione pile e pulvini: XF2;
- baggioli: XF4;
- soletta impalcato, cordoli e marciapiedi: XD2.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 6 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

1.3.2 Calcestruzzo

PALI C25/30

R_{ck}	=	30 MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24,90 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	20,75 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
f_{cm}	=	32,90 MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2,56 MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	3,33 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	3,07 MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	31447 MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	=	1,50	coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0,85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	14,11 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	2,22 MPa	resistenza di calcolo a trazione

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

ZATTERE PILE, ELEVAZIONE PILE E PULVINI C28/35

R_{ck}	=	35 MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	24.11 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
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

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 7 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

BAGGIOLI C35/45

R_{ck}	=	45 MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	37.35 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	31.00 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
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

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

SOLETTA IMPALCATO, CORDOLI E MARCIAPIEDI C32/40

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

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

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

B450C

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 8 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

1.4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 9 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

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

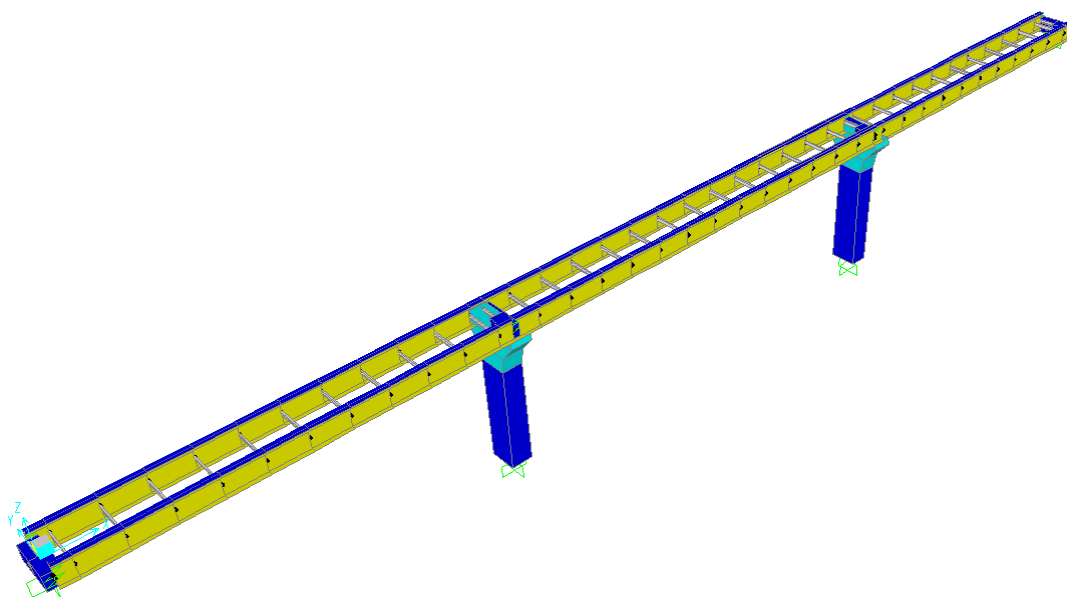
$$K_e = 3.03 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$

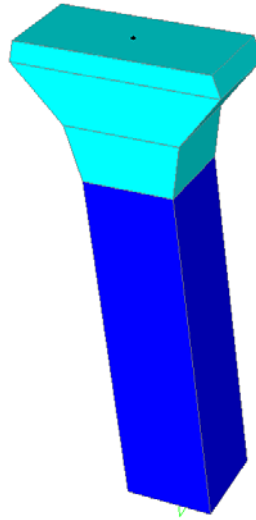
$$K_v = 2814 \text{ kN/mm (rigidezza verticale);}$$

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

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

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





2.1.1 Calcolo della rigidezza effettiva delle pile

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

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

dove:

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

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

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

2.2 ANALISI DEI CARICHI

2.2.1 Peso Proprio (g1)

Il peso proprio della carpenteria metallica dell'impalcato ($g_{1,1}$) è stato inserito come carico uniformemente distribuito sulle due travi, sulla base di un'incidenza assunta pari a 2.5 kN/m².

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/m³.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 11 di 69
	Nome file:V105-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

2.2.2 Permanenti portati su impalcato (g2)

I sovraccarichi permanenti consistono nei seguenti contributi:

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

2.2.3 Effetti del ritiro (ε₂)

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

ε _{sh}	=	0.00030	deformazione da ritiro
E* _c	=	11214 MPa	modulo elastico ridotto calcestruzzo per fenomeni viscosi
σ _{sh}	=	3.36 MPa	trazione nel calcestruzzo
A _c	=	3.94 m ²	area conglomerato
N _{sh}	=	13255 kN	trazione nella soletta
e	=	0.91 m	eccentricità rispetto a baricentro sezione composta
M _{sh}	=	12088 kNm	momento flettente
n	=	2	numero travi
N _{rt}	=	6628 kN	compressione su ciascuna trave
M _{rt}	=	6044 kNm	momento flettente su ciascuna trave

2.2.4 Effetti della temperatura (ε₃)

Ai fini della valutazione degli effetti delle variazioni termiche sulle sottostrutture è stata assunto un gradiente termico tra soletta e travi metalliche pari a ΔT = ±10 °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 attraerso 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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 12 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

ΔT_F	=	10 °C	gradiente termico soletta-trave
α	=	0.000010 1/°C	coefficiente di dilatazione termica cls
ε_T	=	0.0001	deformazione impedita
E_c	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
σ_T	=	-3.36 MPa	compressione nel calcestruzzo
A_c	=	3.94 m ²	area conglomerato
N	=	13255 kN	compressione/trazione nella soletta
e	=	0.49 m	eccentricità rispetto a baricentro sezione composta
M	=	6549 kNm	momento flettente
n	=	2	numero travi
N	=	6628 kN	trazione/compressione su ciascuna trave
M	=	3275 kNm	momento flettente su ciascuna trave

2.2.5 Carichi mobili (q1)

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

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

Corsia di carico n.1 costituita da:

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

Corsia di carico n. 2 costituita da:

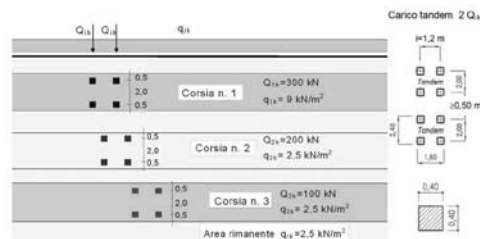
- Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 2.00 m in direzione trasversale;
- Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kPa su una larghezza di 3.00 m.

Corsia di carico n. 3 costituita da:

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

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

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



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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 13 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

2.2.6 Incremento dinamico dei carichi mobili (q2)

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

2.2.7 Azione di frenatura/accelerazione (q3)

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

$$180 \text{ kN} \leq Q_3 = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.1 \times q_{1k} \times w_1 \times L = 806 \leq 900 \text{ kN}$$

w_1	=	3.00 m	larghezza corsie convenzionali
Q_{1k}	=	300 kN	singolo asse Q1k
q_{1k}	=	9 kPa	carico uniformemente distribuito
L	=	165 m	lunghezza del viadotto
Q_3	=	806 kN	forza di frenatura (accelerazione) sull'intero viadotto
q_{3l}	=	2.44 kN/m	azione di frenatura per unità di lunghezza su singola trave

2.2.8 Forza centrifuga (Q4)

Essendo il raggio di curvatura molto elevato tale azione viene trascurata.

2.2.9 Azione di neve, vento (q5)

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

zona	=	4	sicilia
$v_{b,0}$	=	28 m/s	
a_0	=	500 m	
k_a	=	0.02 1/s	
a_s	=	499 m	altitudine del sito
v_b	=	28 m/s	velocità di riferimento
ρ	=	1.25 kg/m ³	densità dell'aria
q_b	=	0.490 kN/m ²	pressione cinetica di riferimento
	=	D	classe di rugosità del terreno
c_t	=	1	coefficiente di topografia
	=	II	categoria di esposizione del sito
k_r	=	0.19	
Z_0	=	0.05 m	
Z_{min}	=	4.00 m	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 14 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

Z	=	30.70 m	altezza sul suolo
C _e	=	3.11	coefficiente di esposizione
C _p	=	1	coefficiente di forma
C _d	=	1	coefficiente dinamico
p	=	1.52 kN/m ²	pressione del vento

Vento su impalcato

H _{vc}	=	3.00 m	altezza veicolo convenzionale
H _{imp}	=	3.01 m	altezza impalcato
H _{vento}	=	6.01 m	altezza superficie di spinta
F _{vento}	=	9.16 kN/m	azione del vento su impalcato
Y _G	=	2.36 m	distanza da intradosso baricentro impalcato
e	=	0.64 m	eccentricità dell'azione del vento
M _{vento}	=	5.90 kNm/m	coppia torcente
d _b	=	5.75 m	interasse travi
Q _{5v}	=	1.03 kN/m	azione verticale su travi di bordo
Q _{5h}	=	4.58 kN/m	azione orizzontale su ciascuna trave

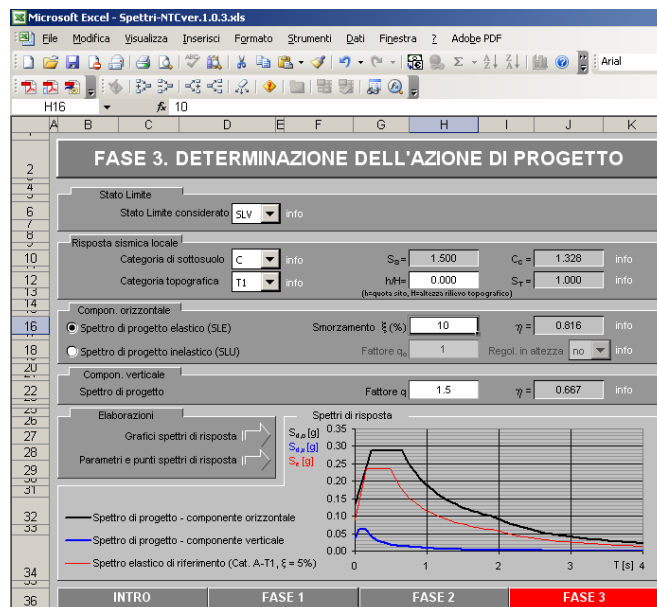
Vento su pile

B	=	3 m	larghezza pila
Q _{5,pile}	=	4.57 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 S.L.V. Per il dimensionamento dei dispositivi antisismici si è fatto invece riferimento allo S.L.C. Sebbene i dispositivi sismici di cui si prevede l'impiego garantiscano uno smorzamento superiore al 15%, nelle analisi eseguite, conformemente a quanto prescritto in normativa, è stato considerato uno smorzamento pari al 10 %.

Gli spettri considerati sono caratterizzati dai seguenti parametri:



Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3.xls

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato \$L_V\$

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
a _g	0.089 g
F _g	2.650
T _c	0.491 s
S _g	1.500
C _g	1.328
S _T	1.000
q	1.225

Parametri dipendenti	
S	1.500
η	0.816
T _B	0.217 s
T _C	0.652 s
T _D	1.955 s

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	Se [g]
0.000	0.133
0.217	0.288
0.652	0.288
0.714	0.263
0.776	0.242
0.838	0.224
0.900	0.209
0.962	0.195
1.024	0.183
1.086	0.173
1.148	0.163
1.210	0.155
1.272	0.148
1.334	0.141
1.396	0.134
1.459	0.129
1.521	0.123
1.583	0.119
1.645	0.114
1.707	0.110
1.769	0.106
1.831	0.103
1.893	0.099
1.955	0.096
2.052	0.087
2.150	0.079
2.247	0.073
2.345	0.067
2.442	0.062
2.539	0.057
2.637	0.053
2.734	0.049
2.831	0.046
2.929	0.043
3.026	0.040
3.124	0.038
3.221	0.035
3.318	0.033
3.416	0.031
3.513	0.030
3.610	0.028
3.708	0.027
3.805	0.025
3.903	0.024
4.000	0.023

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_g \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10(3+\xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

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

$T_C = C_g \cdot T_c$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4 \cdot 0.4 \cdot T_c / \xi + 1.6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

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

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

$T_B \leq T < T_C$ $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_s$

$T_C \leq T < T_D$ $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_D \leq T$ $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_s(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

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

Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3.xls

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato \$L_V\$

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
a _{gv}	0.036 g
S _{gv}	1.000
S _{Tv}	1.000
q _v	1.500
T _{gv}	0.050 s
T _{cv}	0.150 s
T _{dv}	1.000 s

Parametri dipendenti	
F _{gv}	1.066
S	1.000
η	0.667

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	Se [g]
0.000	0.036
0.050	0.063
0.150	0.063
0.235	0.040
0.320	0.030
0.405	0.023
0.490	0.019
0.575	0.016
0.660	0.014
0.745	0.013
0.830	0.011
0.915	0.010
1.000	0.009
1.094	0.008
1.188	0.007
1.281	0.006
1.375	0.005
1.469	0.004
1.563	0.004
1.656	0.003
1.750	0.003
1.844	0.003
1.938	0.003
2.031	0.002
2.125	0.002
2.219	0.002
2.313	0.002
2.406	0.002
2.500	0.002
2.594	0.001
2.688	0.001
2.781	0.001
2.875	0.001
2.969	0.001
3.063	0.001
3.156	0.001
3.250	0.001
3.344	0.001
3.438	0.001
3.531	0.001
3.625	0.001
3.719	0.001
3.813	0.001
3.906	0.001
4.000	0.001

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_g \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)

$F_{gv} = 1.35 \cdot F_s \left(\frac{a_g}{\xi} \right)^{0.5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

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

$0 \leq T < T_{gv}$ $S_s(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_{gv} \left[\frac{T}{T_{gv}} + \frac{1}{\eta \cdot F_{gv}} \left(1 - \frac{T}{T_{gv}} \right) \right]$

$T_{gv} \leq T < T_{cv}$ $S_s(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_{gv}$

$T_{cv} \leq T < T_{dv}$ $S_s(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_{gv} \cdot \left(\frac{T_{cv}}{T} \right)$

$T_{dv} \leq T$ $S_s(T) = a_{gv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_{gv} \cdot \left(\frac{T_{cv} \cdot T_{dv}}{T} \right)$

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

Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3.xls

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

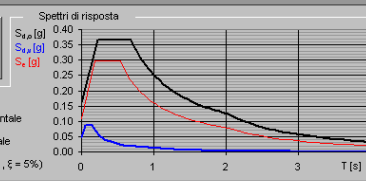
Stato Limite
 Stato Limite considerato: **SLC** info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **C** info
 Categoria topografica: **T1** info
(In questa sito, l'italianità sismica topografica)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **10** η = **0.816** info
 Spettro di progetto inelastico (SLI) Fattore q_v: **1** Regol. in altezza: **no** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q_v: **1.5** η = **0.667** info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta


INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3.xls

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

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLC
a_{9H}	0.108 g
F_{9H}	2.751
T_{9H}	0.534 s
S_{9H}	1.500
C_c	1.232
S_T	1.000
q	1.225

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	Se [g]
0.000	0.162
0.230	0.365
0.630	0.365
0.754	0.334
0.818	0.308
0.882	0.285
0.945	0.266
1.009	0.249
1.073	0.234
1.137	0.221
1.201	0.209
1.265	0.199
1.329	0.189
1.393	0.180
1.457	0.173
1.521	0.165
1.585	0.159
1.649	0.152
1.713	0.147
1.777	0.142
1.841	0.137
1.905	0.132
1.969	0.128
2.033	0.124
2.126	0.113
2.220	0.104
2.314	0.095
2.408	0.088
2.501	0.082
2.595	0.076
2.689	0.071
2.782	0.066
2.876	0.062
2.970	0.058
3.063	0.054
3.157	0.051
3.251	0.048
3.344	0.046
3.438	0.043
3.532	0.041
3.625	0.039
3.719	0.037
3.813	0.035
3.906	0.033
4.000	0.032

Parametri dipendenti	
S	1.500
η	0.816
T_H	0.230 s
T_C	0.630 s
T_B	2.033 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_H \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10 \cdot (S+6)} \geq 0,55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_H = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_c \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_B = 4,0 \cdot a_{9H} / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

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

$0 \leq T < T_H$ $S_H(T) = a_{9H} \cdot S \cdot \eta \cdot F_H \left[\frac{T}{T_H} + \frac{1}{\eta \cdot F_H} \left(1 - \frac{T}{T_H} \right) \right]$

$T_H \leq T < T_C$ $S_H(T) = a_{9H} \cdot S \cdot \eta \cdot F_H$

$T_C \leq T < T_B$ $S_H(T) = a_{9H} \cdot S \cdot \eta \cdot F_H \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_B \leq T$ $S_H(T) = a_{9H} \cdot S \cdot \eta \cdot F_H \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_B}{T} \right)$

Lo spettro di progetto $S_H(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_H(T)$ sostituendo q con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

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

Microsoft Excel - Spettri-NTCver.1.0.3.xls

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato IIRLC

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLC
a_{9V}	0.048 g
S_{9V}	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_H	0.050 s
T_C	0.150 s
T_B	1.000 s

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	Se [g]
0.000	0.048
0.050	0.088
0.150	0.088
0.235	0.056
0.320	0.041
0.405	0.033
0.490	0.027
0.575	0.023
0.660	0.020
0.745	0.018
0.830	0.016
0.915	0.014
1.000	0.013
1.094	0.011
1.188	0.009
1.281	0.008
1.375	0.007
1.469	0.006
1.563	0.005
1.656	0.005
1.750	0.004
1.844	0.004
1.938	0.004
2.031	0.003
2.125	0.003
2.219	0.003
2.313	0.002
2.408	0.002
2.500	0.002
2.594	0.002
2.688	0.002
2.781	0.002
2.875	0.002
2.969	0.002
3.063	0.001
3.156	0.001
3.250	0.001
3.344	0.001
3.438	0.001
3.531	0.001
3.625	0.001
3.719	0.001
3.813	0.001
3.906	0.001
4.000	0.001

Parametri dipendenti	
F_H	1.222
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_H \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)

$F_H = 1,35 \cdot F_H \left(\frac{a_{9H}}{g} \right)^{0,5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

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

$0 \leq T < T_H$ $S_H(T) = a_{9V} \cdot S \cdot \eta \cdot F_H \left[\frac{T}{T_H} + \frac{1}{\eta \cdot F_H} \left(1 - \frac{T}{T_H} \right) \right]$

$T_H \leq T < T_C$ $S_H(T) = a_{9V} \cdot S \cdot \eta \cdot F_H$

$T_C \leq T < T_B$ $S_H(T) = a_{9V} \cdot S \cdot \eta \cdot F_H \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_B \leq T$ $S_H(T) = a_{9V} \cdot S \cdot \eta \cdot F_H \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_B}{T} \right)$

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

La massa delle pile è computata automaticamente dal programma di calcolo, una volta definite le caratteristiche geometriche delle sezioni e la densità del materiale (quest'ultima assunta pari a 2500 kg/m³). La massa dell'impalcato (comprensiva del peso proprio della carpenteria metallica, del peso della soletta e dei permanenti portati) è stata attribuita alle due travi principali come una massa per unità di lunghezza di valore 8.77 kN/m.

Sono stati considerati 100 modi di vibrare. Tale numero è risultato sufficiente ad eccitare in ciascuna delle tre direzioni del sisma una massa superiore allo 85% della massa totale. Le tre componenti x, y e z dell'azione sismica (rispettivamente longitudinale, trasversale e verticale) sono state combinate come di seguito:

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

2.2.11 Resistenza parassita dei vincoli (q7)

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

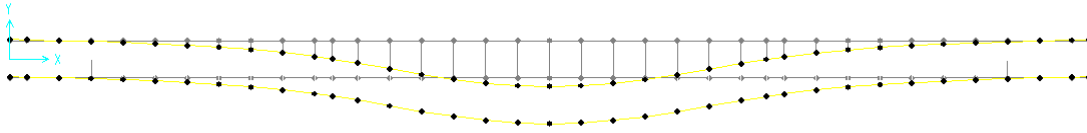
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 17 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

2.3 RIPOSTA SISMICA DEL VIADOTTO

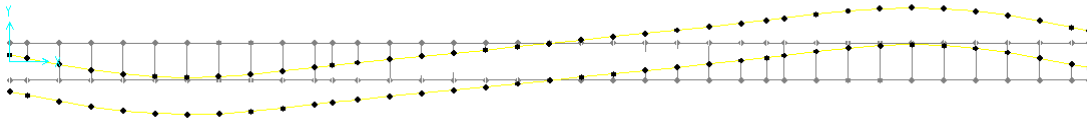
TABLE: Modal Periods And Frequencies

StepNur	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue	StepNur	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
1	3.349	0.299	1.876	3.521	51	0.058384	17.128	107.62	11582
2	2.429	0.412	2.587	6.691	52	0.053234	18.785	118.03	13931
3	2.297	0.435	2.735	7.480	53	0.052404	19.082	119.9	14376
4	2.255	0.443	2.786	7.762	54	0.051731	19.331	121.46	14752
5	1.398	0.715	4.494	20.200	55	0.051707	19.34	121.51	14766
6	1.351	0.740	4.652	21.641	56	0.051356	19.472	122.34	14968
7	1.018	0.983	6.175	38.129	57	0.051	19.625	123.310	15205
8	0.897	1.114	7.002	49.031	58	0.051	19.699	123.770	15319
9	0.819	1.221	7.669	58.809	59	0.048	21.019	132.070	17441
10	0.744	1.344	8.442	71.268	60	0.047	21.178	133.060	17706
11	0.609	1.643	10.320	106.510	61	0.047	21.183	133.100	17715
12	0.517	1.935	12.161	147.880	62	0.047	21.190	133.140	17726
13	0.471	2.122	13.330	177.690	63	0.047	21.214	133.290	17767
14	0.465	2.151	13.514	182.620	64	0.047	21.226	133.360	17786
15	0.449	2.225	13.980	195.440	65	0.047	21.292	133.780	17898
16	0.435	2.299	14.447	208.710	66	0.047	21.362	134.220	18015
17	0.365	2.737	17.196	295.690	67	0.047	21.387	134.380	18058
18	0.321	3.118	19.590	383.770	68	0.047	21.416	134.560	18107
19	0.288	3.472	21.814	475.830	69	0.046	21.597	135.700	18414
20	0.277	3.606	22.659	513.430	70	0.046	21.958	137.970	19035
21	0.276	3.622	22.754	517.770	71	0.045	21.996	138.200	19100
22	0.258	3.880	24.379	594.350	72	0.045	22.201	139.490	19459
23	0.238	4.196	26.363	694.990	73	0.045	22.404	140.770	19817
24	0.232	4.311	27.088	733.740	74	0.044	22.933	144.100	20763
25	0.210	4.766	29.944	896.630	75	0.043	23.138	145.380	21135
26	0.192	5.198	32.662	1066.800	76	0.043	23.251	146.090	21343
27	0.160	6.232	39.159	1533.400	77	0.043	23.253	146.100	21346
28	0.157	6.351	39.907	1592.600	78	0.042	23.697	148.900	22170
29	0.152	6.558	41.202	1697.600	79	0.041	24.518	154.050	23731
30	0.150	6.684	41.994	1763.500	80	0.041	24.577	154.420	23847
31	0.144	6.966	43.768	1915.700	81	0.040	25.282	158.850	25233
32	0.137	7.317	45.975	2113.700	82	0.039	25.400	159.590	25469
33	0.130	7.711	48.451	2347.500	83	0.039	25.643	161.120	25959
34	0.125	7.987	50.187	2518.700	84	0.039	25.725	161.640	26126
35	0.118	8.462	53.169	2827.000	85	0.039	25.940	162.990	26565
36	0.103	9.686	60.856	3703.400	86	0.038	26.219	164.740	27138
37	0.103	9.704	60.971	3717.400	87	0.038	26.466	166.290	27653
38	0.102	9.812	61.649	3800.600	88	0.038	26.618	167.240	27970
39	0.090	11.171	70.188	4926.400	89	0.037	27.215	171.000	29240
40	0.086	11.677	73.369	5383.000	90	0.037	27.292	171.480	29406
41	0.085	11.746	73.802	5446.800	91	0.036	27.792	174.620	30492
42	0.080	12.454	78.252	6123.400	92	0.036	27.938	175.540	30814
43	0.078	12.773	80.255	6440.800	93	0.035	28.362	178.200	31756
44	0.078	12.810	80.488	6478.300	94	0.035	28.651	180.020	32407
45	0.078	12.859	80.797	6528.200	95	0.035	28.927	181.750	33033
46	0.078	12.860	80.804	6529.300	96	0.035	28.933	181.790	33048
47	0.071	14.076	88.440	7821.600	97	0.034	29.398	184.710	34119
48	0.063	15.812	99.349	9870.300	98	0.034	29.732	186.810	34899
49	0.062	16.146	101.450	10292.000	99	0.033	30.684	192.800	37170
50	0.061	16.399	103.040	10617.000	100	0.033	30.745	193.170	37316

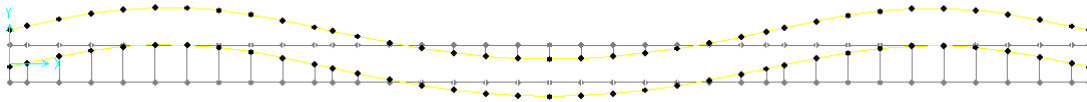
Prima forma modale



Seconda forma modale



Terza forma modale



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 19 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

3 SOLLECITAZIONI

3.1 SOLLECITAZIONI NELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

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

Nel seguito si indica con:

g1-impalcato	=	peso proprio dell'impalcato;
g1-pile	=	peso proprio della pila;
g1-plinto	=	peso proprio del plinto di fondazione;
g1-terreno	=	peso proprio del terreno di ricoprimento;
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);
q3	=	frenatura;
q4	=	azione centrifuga;
q5-impalcato	=	vento trasversale su impalcato;
q5-pile	=	vento trasversale su pile;
q6.1	=	sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.2	=	0.3 sisma longitudinale + sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.3	=	0.3 sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + sisma verticale;
q7	=	resistenza parassita dei vincoli (1% dei carichi permanenti).

3.1.1 Sollecitazioni nella sezione di base delle pile

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

SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato	0	0	9798	0	0
g1-pile	0	0	5302	0	0
g2	0	0	2063	0	0
e2	14	0	279	0	203
e3	53	0	147	0	786
q1.1	0	2	4739	6993	0
q1.2	0	3	3667	10269	0
q3	202	0	0	0	2987
q4	0	0	0	0	0
q5-impalcato	0	612	140	9029	0
q5-pile	0	65	0	464	0
q6.1	1073	159	-90	1948	13100
q6.2	321	532	-90	6501	3926
q6.3	321	159	-299	1948	3926
q7	119	0	0	0	1691

PILA 01

SOLLECITAZIONI RISPETTO BASE PILA

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1-impalcato	0	0	9798	0	0
g1-pile	0	0	5661	0	0
g2	0	0	2063	0	0
e2	14	0	279	0	217
e3	53	0	177	0	842
q1.1	0	1	4739	3460	0
q1.2	0	3	3666	10243	0
q3	199	0	0	0	3174
q4	0	0	0	0	0
q5-impalcato	0	611	140	9735	0
q5-pile	0	71	0	544	0
q6.1	1098	168	-93	2220	14479
q6.2	329	561	-93	7408	4339
q6.3	329	168	-309	2220	4339
q7	119	0	0	0	1834

PILA 02

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 20 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

3.1.2 Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino

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

PILA 01

SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

	D2			S2		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	0	0	4899	0	0	4899
g2	0	0	1031	0	0	1031
e2	7	0	140	7	0	140
e3	27	0	73	27	0	73
q1.1	0	1	3678	0	1	3148
q1.2	0	2	176	0	2	1115
q3	101	0	0	101	0	0
q4	0	0	0	0	0	0
q5-impalcato	0	306	72	0	306	68
q6.1	366	51	-55	366	51	-55
q6.2	110	170	-92	110	170	-92
q6.3	110	51	-167	110	51	-167
q7	59	0	0	59	0	0

PILA 02

SOLLECITAZIONI RISPETTO TESTA PULVINO

	D3			S3		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	0	0	4899	0	0	4899
g2	0	0	1031	0	0	1031
e2	7	0	140	7	0	140
e3	26	0	88	26	0	88
q1.1	0	1	3676	0	1	3147
q1.2	0	2	82	0	2	2557
q3	99	0	0	99	0	0
q4	0	0	0	0	0	0
q5-impalcato	0	306	74	0	306	66
q6.1	361	51	-57	361	51	-57
q6.2	108	169	-104	108	169	-104
q6.3	108	51	-168	108	51	-168
q7	59	0	0	59	0	0

3.1.3 Azioni della sottostruttura rispetto al baricentro della palificata

SOLLECITAZIONI SOTTOSTRUTTURA RISPETTO A BARICENTRO PALIFICATA

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

peso plinto (g1) e peso terreno di ricoprimento (g2)

γ_{cls}	25.00 kN/m ³	peso specifico cls
$\gamma_{terreno}$	18.00 kN/m ³	peso specifico terreno
Bx	8.40 m	dimensione plinto lungo x
By	13.80 m	dimensione plinto lungo y
Bz	2.50 m	dimensione plinto lungo z
Dz	1.00 m	altezza terreno di ricoprimento

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
g1-plinto	0	0	7245	0	0
g2-terreno	0	0	2087	0	0

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 23 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

	S.L.U.								q5							
Fx	161	85	161	85	161	85	161	85	161	85	161	85	161	85	161	85
Fy	615	615	-613	-613	617	617	-610	-610	1024	1024	-1022	-1022	1027	1027	-1019	-1019
Fz	29041	28787	28788	28534	27955	27701	27703	27448	29125	28871	28704	28450	28040	27785	27618	27364
Mx	12755	12755	-5749	-5749	19623	19623	1120	1120	18922	18922	-11916	-11916	25791	25791	-5048	-5048
My	2517	1305	2517	1305	2517	1305	2517	1305	2517	1305	2517	1305	2517	1305	2517	1305

	S.L.U.				e3				q6.x		S.L.V.		q6.y		q6.z	
Fx	186	60	186	60	186	60	186	60	1209	1156	440	387	440	387	440	387
Fy	615	615	-613	-613	617	617	-610	-610	168	168	561	561	168	168	168	168
Fz	29126	28702	28873	28449	28040	27616	27788	27363	17797	17620	17797	17620	17581	17404	17581	17404
Mx	12755	12755	-5749	-5749	19623	19623	1120	1120	2220	2220	7408	7408	2220	2220	2220	2220
My	2921	901	2921	901	2921	901	2921	901	16217	15376	6077	5236	6077	5236	6077	5236

	S.L.car				S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp			
Fx	116	53	116	53	116	53	116	53	116	53	116	53	116	53	116	53
Fy	410	410	-408	-408	407	407	-412	-412	137	137	-136	-136	134	134	-139	-139
Fz	21545	21333	21377	21165	15242	15030	15073	14861	21489	21277	21433	21221	15185	14973	15129	14917
Mx	8763	8763	-3573	-3573	-1515	-1515	-13850	-13850	4651	4651	539	539	-5627	-5627	-9738	-9738
My	1822	812	1822	812	1822	812	1822	812	1822	812	1822	812	1822	812	1822	812

3.3.2 Sollecitazioni nella sezione di testa del pulvino

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

PILA 01

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

	D2								S.L.U.								q3							
Fx	81	43	81	42	q1	81	43	81	42	233	194	233	194	q3	233	194	233	194						
Fy	277	277	-274	-274	278	278	-273	-273	277	277	-275	-275	277	277	-274	-274	277	277	-274	-274				
Fz	13256	13151	13126	13021	8530	8424	8400	8294	12015	11909	11885	11780	8470	8364	8340	8234	8340	8234	8340	8234				
V	288	280	286	278	290	281	285	276	361	338	360	336	362	339	359	336	362	339	359	336				

	S2								S.L.U.								q3							
Fx	81	43	81	42	q1	81	43	81	42	233	194	233	194	q3	233	194	233	194						
Fy	277	277	-274	-274	278	278	-273	-273	276	276	-275	-275	277	277	-274	-274	277	277	-274	-274				
Fz	12538	12433	12415	12310	9793	9687	9670	9564	11476	11370	11353	11247	9416	9311	9294	9188	9294	9188	9294	9188				
V	288	280	286	278	290	281	285	276	361	338	360	336	362	339	359	336	362	339	359	336				

	D2								S.L.U.								q5							
Fx	81	43	81	42	q4	81	43	81	42	81	43	81	42	q5	81	43	81	42						
Fy	277	277	-275	-275	277	277	-274	-274	460	460	-458	-458	461	461	-458	-458	461	461	-458	-458				
Fz	12015	11909	11885	11780	8470	8364	8340	8234	12058	11953	11842	11736	8513	8408	8297	8191	8408	8297	8191	8085				
V	288	280	286	278	289	281	285	277	467	462	465	460	468	463	465	460	468	463	465	460				

	S2								S.L.U.								q5							
Fx	81	43	81	42	q4	81	43	81	42	81	43	81	42	q5	81	43	81	42						
Fy	276	276	-275	-275	277	277	-274	-274	460	460	-458	-458	461	461	-458	-458	461	461	-458	-458				
Fz	11476	11370	11353	11247	9416	9311	9294	9188	11516	11411	11312	11206	9457	9352	9253	9147	9352	9253	9147	9042				
V	288	280	286	278	289	281	285	277	467	462	466	460	468	463	465	460	468	463	465	460				

	D2				S.L.U.				e3				q6.x		S.L.V.		q6.y		q6.z	
Fx	94	30	94	30	94	30	94	30	422	396	166	139	166	139	166	139	166	139		
Fy	277	277	-275	-275	277	277	-274	-274	51	51	170	170	51	51	170	170	51	51		
Fz	12050	11874	11920	11744	8505	8329	8375	8199	6052	5979	6014	5941	5940	5866	5940	5866	5940	5866		
V	292	278	290	276	293	279	289	275	425	399	238	220	173	148	173	148	173	148		

	S2				S.L.U.				e3				q6.x		S.L.V.		q6.y		q6.z	
Fx	94	30	94	30	94	30	94	30	422	396	166	139	166	139	166	139	166	139		
Fy	276	276	-275	-275	277	277	-274	-274	51	51	170	170	51	51	170	170	51	51		
Fz	11511	11335	11388	11212	9452	9276	9329	9153	6052	5979	6014	5941	5940	5866	5940	5866	5940	5866		
V	292	278	290	276	293	279	289	275	425	399	238	220	173	148	173	148	173	148		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 24 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

PILA 02

SOLLECITAZIONI SEZIONE DI TESTA PULVINO NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

S.L.U.																				
D3	q1								q3											
Fx	81	43	80	43	81	43	80	43	230	192	230	192	230	192	230	192				
Fy	277	277	-273	-273	278	278	-273	-273	276	276	-274	-274	277	277	-273	-273				
Fz	13267	13140	13133	13006	8415	8288	8281	8154	12026	11899	11892	11765	8387	8260	8254	8126				
V	288	280	285	277	289	281	284	276	359	336	357	334	360	337	357	334				
S.L.U.																				
S3	q1								q3											
Fx	81	43	80	43	81	43	80	43	230	192	230	192	230	192	230	192				
Fy	277	277	-274	-274	278	278	-273	-273	276	276	-274	-274	277	277	-273	-273				
Fz	12545	12418	12426	12299	11749	11622	11630	11503	11483	11356	11364	11237	10886	10759	10767	10639				
V	288	280	285	277	289	281	284	276	359	336	357	334	360	337	357	334				
S.L.U.																				
D3	q4								q5											
Fx	81	43	80	43	81	43	80	43	81	43	80	42	81	43	80	42				
Fy	276	276	-274	-274	277	277	-273	-273	460	460	-457	-457	460	460	-457	-457				
Fz	12026	11899	11892	11765	8387	8260	8254	8126	12070	11943	11848	11721	8432	8304	8209	8082				
V	288	280	285	277	289	280	285	277	467	462	464	459	467	462	464	459				
S.L.U.																				
S3	q4								q5											
Fx	81	43	80	43	81	43	80	43	81	43	80	42	81	43	80	42				
Fy	276	276	-274	-274	277	277	-273	-273	460	460	-457	-457	460	460	-457	-457				
Fz	11483	11356	11364	11237	10886	10759	10767	10639	11523	11396	11324	11197	10926	10798	10727	10600				
V	288	280	286	277	289	280	285	277	467	462	464	459	467	462	464	459				
S.L.U.																				
D3	e3								q6.x				q6.y				q6.z			
Fx	93	30	93	30	93	30	93	30	416	390	164	137	164	137	164	137				
Fy	276	276	-274	-274	277	277	-273	-273	51	51	169	169	51	51	169	169				
Fz	12068	11856	11935	11723	8430	8218	8296	8084	6057	5969	6010	5921	5946	5857	5946	5857				
V	292	278	289	275	292	279	289	275	419	393	236	218	171	146	171	146				
S.L.U.																				
S3	e3								q6.x				q6.y				q6.z			
Fx	93	30	93	30	93	30	93	30	416	390	164	137	164	137	164	137				
Fy	276	276	-274	-274	277	277	-273	-273	51	51	169	169	51	51	169	169				
Fz	11525	11313	11406	11194	10928	10716	10809	10597	6057	5969	6010	5921	5946	5857	5946	5857				
V	292	278	289	276	292	279	289	275	419	393	236	218	171	146	171	146				

3.3.3 Sollecitazioni sulla palificata

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

PILA 01 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU1	162	612	39914	19514	1927
SLU2	85	612	39703	19514	988
SLU3	162	-608	39662	-622	1927
SLU4	85	-608	39450	-622	988
SLU5	162	613	38467	23940	1927
SLU6	85	613	38256	23940	988
SLU7	162	-606	38214	3803	1927
SLU8	85	-606	38003	3803	988
SLU9	465	611	38315	17153	5649
SLU10	388	611	38104	17153	4709
SLU11	465	-608	38062	-2984	5649
SLU12	388	-608	37851	-2984	4709
SLU13	465	613	37229	20472	5649
SLU14	388	613	37018	20472	4709
SLU15	465	-607	36977	335	5649
SLU16	388	-607	36765	335	4709

PILA 01 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU17	162	611	38315	17153	1927
SLU18	85	611	38104	17153	988
SLU19	162	-608	38062	-2984	1927
SLU20	85	-608	37851	-2984	988
SLU21	162	613	37229	20472	1927
SLU22	85	613	37018	20472	988
SLU23	162	-607	36977	335	1927
SLU24	85	-607	36765	335	988
SLU25	162	1018	38399	23865	1927
SLU26	85	1018	38188	23865	988
SLU27	162	-1015	37978	-9696	1927
SLU28	85	-1015	37767	-9696	988
SLU29	162	1019	37314	27184	1927
SLU30	85	1019	37103	27184	988
SLU31	162	-1014	36892	-6377	1927
SLU32	85	-1014	36681	-6377	988
SLU33	187	611	38385	17153	2240
SLU34	59	611	38033	17153	674
SLU35	187	-608	38133	-2984	2240
SLU36	59	-608	37781	-2984	674
SLU37	187	613	37300	20472	2240
SLU38	59	613	36948	20472	674
SLU39	187	-607	37047	335	2240
SLU40	59	-607	36695	335	674
SLV1	1184	159	24670	2347	11750
SLV2	1131	159	24524	2347	11098
SLV3	433	532	24670	6277	5258
SLV4	380	532	24524	6277	4605
SLV5	433	159	24461	2347	4454
SLV6	380	159	24314	2347	3801
SLc1	117	408	28413	11960	1397
SLc2	53	408	28237	11960	614
SLc3	117	-405	28244	-1464	1397
SLc4	53	-405	28068	-1464	614
SLc5	117	405	22109	-994	1397
SLc6	53	405	21933	-994	614
SLc7	117	-409	21940	-14419	1397
SLc8	53	-409	21764	-14419	614
SLf1	117	137	28357	7485	1397
SLf2	53	137	28181	7485	614
SLf3	117	-134	28301	3010	1397
SLf4	53	-134	28125	3010	614
SLf5	117	134	22053	-5469	1397
SLf6	53	134	21877	-5469	614
SLf7	117	-138	21997	-9944	1397
SLf8	53	-138	21821	-9944	614
SLqp1	112	0	24760	0	1331
SLqp2	58	0	24613	0	679

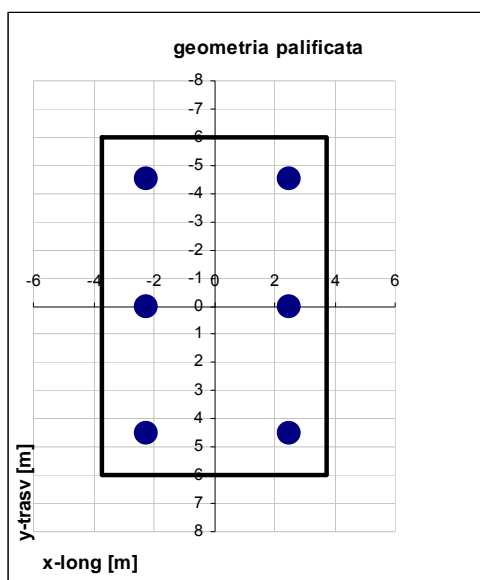
PILA 02 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLU1	161	615	40421	15460	2114
SLU2	85	615	40167	15460	1092
SLU3	161	-612	40168	-6112	2114
SLU4	85	-612	39914	-6112	1092
SLU5	161	618	38974	24626	2114
SLU6	85	618	38719	24626	1092
SLU7	161	-609	38721	3054	2114
SLU8	85	-609	38466	3054	1092
SLU9	459	615	38822	14292	6129
SLU10	383	615	38567	14292	5107
SLU11	459	-613	38569	-7280	6129
SLU12	383	-613	38315	-7280	5107
SLU13	459	617	37736	21166	6129
SLU14	383	617	37482	21166	5107
SLU15	459	-610	37483	-406	6129
SLU16	383	-610	37229	-406	5107
SLU17	161	615	38822	14292	2114
SLU18	85	615	38567	14292	1092
SLU19	161	-613	38569	-7280	2114
SLU20	85	-613	38315	-7280	1092
SLU21	161	617	37736	21166	2114
SLU22	85	617	37482	21166	1092
SLU23	161	-610	37483	-406	2114
SLU24	85	-610	37229	-406	1092
SLU25	161	1024	38906	21482	2114
SLU26	85	1024	38652	21482	1092
SLU27	161	-1022	38485	-14471	2114
SLU28	85	-1022	38230	-14471	1092
SLU29	161	1027	37821	28357	2114
SLU30	85	1027	37566	28357	1092
SLU31	161	-1019	37399	-7597	2114
SLU32	85	-1019	37145	-7597	1092
SLU33	186	615	38907	14292	2455
SLU34	60	615	38483	14292	751
SLU35	186	-613	38654	-7280	2455
SLU36	60	-613	38230	-7280	751
SLU37	186	617	37821	21166	2455
SLU38	60	617	37397	21166	751
SLU39	186	-610	37568	-406	2455
SLU40	60	-610	37144	-406	751
SLV1	1209	168	25042	2641	13194
SLV2	1156	168	24865	2641	12484
SLV3	440	561	25042	7177	5800
SLV4	387	561	24865	7177	5090
SLV5	440	168	24826	2641	4977
SLV6	387	168	24649	2641	4267

PILA 02 – SOLLECITAZIONI NEL BARICENTRO PALIFICATA					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
SLc1	116	410	28790	9787	1531
SLc2	53	410	28578	9787	680
SLc3	116	-408	28622	-4594	1531
SLc4	53	-408	28410	-4594	680
SLc5	116	407	22487	-498	1531
SLc6	53	407	22275	-498	680
SLc7	116	-412	22318	-14880	1531
SLc8	53	-412	22106	-14880	680
SLf1	116	137	28734	4994	1531
SLf2	53	137	28522	4994	680
SLf3	116	-136	28678	200	1531
SLf4	53	-136	28466	200	680
SLf5	116	134	22430	-5292	1531
SLf6	53	134	22218	-5292	680
SLf7	116	-139	22374	-10086	1531
SLf8	53	-139	22162	-10086	680
SLqp1	111	0	25134	0	1460
SLqp2	58	0	24958	0	750

La geometria delle palificate per la carreggiata DX è riportata di seguito:

Geometria della palificata

PALO	X	Y	trasv Jxi	long 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	2.50	4.50	20.25	6.25
5	2.50	0.00	0.00	6.25
6	2.50	-4.50	20.25	6.25



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 28 di 69
	Nome file:V105-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

Si riportano ora gli sforzi normali e di taglio agenti sui pali della Pila P01 e P02.

PILA 01 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN]						
PALO	1	2	3	4	5	6
SLU1	5425	6510	7594	5711	6795	7879
SLU2	5460	6544	7628	5606	6690	7774
SLU3	6502	6468	6433	6788	6753	6718
SLU4	6536	6502	6467	6683	6648	6614
SLU5	4938	6268	7598	5224	6554	7884
SLU6	4973	6303	7633	5119	6449	7779
SLU7	6015	6226	6438	6300	6512	6723
SLU8	6049	6261	6472	6196	6407	6618
SLU9	5014	5967	6920	5851	6804	7757
SLU10	5049	6002	6955	5747	6699	7652
SLU11	6091	5925	5760	6928	6762	6596
SLU12	6125	5960	5794	6823	6657	6492
SLU13	4649	5786	6924	5486	6623	7761
SLU14	4684	5821	6958	5381	6519	7656
SLU15	5726	5744	5763	6563	6581	6600
SLU16	5760	5779	5797	6458	6476	6495
SLU17	5290	6243	7196	5576	6529	7482
SLU18	5325	6277	7230	5471	6424	7377
SLU19	6367	6201	6035	6652	6486	6321
SLU20	6401	6235	6070	6547	6382	6216
SLU21	4925	6062	7199	5210	6348	7485
SLU22	4959	6097	7234	5106	6243	7380
SLU23	6001	6020	6039	6287	6306	6324
SLU24	6036	6054	6073	6182	6201	6219
SLU25	4931	6257	7583	5217	6543	7868
SLU26	4966	6292	7617	5112	6438	7764
SLU27	6726	6187	5648	7011	6472	5934
SLU28	6760	6221	5683	6906	6368	5829
SLU29	4566	6076	7586	4851	6362	7872
SLU30	4600	6111	7621	4747	6257	7767
SLU31	6360	6006	5652	6646	6291	5937
SLU32	6395	6040	5686	6541	6187	5832
SLU33	5279	6232	7185	5611	6564	7516
SLU34	5336	6289	7242	5436	6389	7342
SLU35	6355	6189	6024	6687	6521	6356
SLU36	6413	6247	6081	6512	6347	6181
SLU37	4913	6051	7188	5245	6383	7520
SLU38	4971	6108	7245	5071	6208	7345
SLU39	5990	6009	6027	6322	6340	6359
SLU40	6047	6066	6085	6147	6166	6184
SLV1	3111	3241	3372	4852	4982	5112
SLV2	3135	3265	3396	4779	4909	5040
SLV3	3374	3722	4071	4152	4501	4850
SLV4	3397	3746	4095	4080	4428	4777
SLV5	3616	3747	3877	4276	4407	4537

PILA 01 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN]						
PALO	1	2	3	4	5	6
SLV6	3640	3771	3901	4204	4334	4464
SLc1	3968	4632	5296	4174	4839	5503
SLc2	3996	4661	5325	4087	4752	5416
SLc3	4685	4604	4523	4892	4811	4730
SLc4	4714	4633	4551	4805	4724	4642
SLc5	3637	3581	3526	3844	3788	3733
SLc6	3665	3610	3555	3756	3701	3646
SLc7	4354	3553	2752	4561	3760	2959
SLc8	4383	3582	2781	4474	3673	2872
SLf1	4207	4623	5039	4414	4830	5245
SLf2	4235	4651	5067	4326	4742	5158
SLf3	4446	4613	4781	4653	4820	4987
SLf4	4475	4642	4809	4566	4733	4900
SLf5	3876	3572	3268	4083	3779	3475
SLf6	3905	3601	3297	3995	3692	3388
SLf7	4115	3563	3010	4322	3770	3217
SLf8	4144	3591	3039	4235	3682	3130
SLqp1	4028	4028	4028	4225	4225	4225
SLqp2	4052	4052	4052	4153	4153	4153

PILA 01 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]			
	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU1	27	102	105
SLU2	14	102	103
SLU3	27	-101	105
SLU4	14	-101	102
SLU5	27	102	106
SLU6	14	102	103
SLU7	27	-101	105
SLU8	14	-101	102
SLU9	78	102	128
SLU10	65	102	121
SLU11	78	-101	128
SLU12	65	-101	120
SLU13	78	102	128
SLU14	65	102	121
SLU15	78	-101	127
SLU16	65	-101	120
SLU17	27	102	105
SLU18	14	102	103
SLU19	27	-101	105
SLU20	14	-101	102
SLU21	27	102	106
SLU22	14	102	103
SLU23	27	-101	105

PILA 01 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]			
	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU24	14	-101	102
SLU25	27	170	172
SLU26	14	170	170
SLU27	27	-169	171
SLU28	14	-169	170
SLU29	27	170	172
SLU30	14	170	170
SLU31	27	-169	171
SLU32	14	-169	170
SLU33	31	102	107
SLU34	10	102	102
SLU35	31	-101	106
SLU36	10	-101	102
SLU37	31	102	107
SLU38	10	102	103
SLU39	31	-101	106
SLU40	10	-101	102
SLV1	197	27	199
SLV2	188	27	190
SLV3	72	89	114
SLV4	63	89	109
SLV5	72	27	77
SLV6	63	27	69
SLc1	19	68	71
SLc2	9	68	69
SLc3	19	-68	70
SLc4	9	-68	68
SLc5	19	67	70
SLc6	9	67	68
SLc7	19	-68	71
SLc8	9	-68	69
SLf1	19	23	30
SLf2	9	23	24
SLf3	19	-22	30
SLf4	9	-22	24
SLf5	19	22	30
SLf6	9	22	24
SLf7	19	-23	30
SLf8	9	-23	25
SLqp1	19	0	19
SLqp2	10	0	10

PILA 02 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN]						
PALO	1	2	3	4	5	6
SLU1	5721	6580	7439	6035	6893	7752
SLU2	5755	6614	7472	5916	6775	7634
SLU3	6878	6538	6199	7191	6851	6512
SLU4	6911	6571	6232	7073	6733	6394
SLU5	4971	6339	7707	5284	6652	8020
SLU6	5004	6372	7740	5166	6534	7902
SLU7	6127	6297	6467	6440	6610	6780
SLU8	6161	6330	6500	6322	6492	6662
SLU9	5222	6016	6810	6130	6924	7718
SLU10	5256	6050	6844	6012	6806	7600
SLU11	6379	5974	5570	7287	6882	6478
SLU12	6412	6007	5603	7169	6764	6360
SLU13	4659	5835	7011	5567	6743	7919
SLU14	4693	5869	7045	5449	6625	7801
SLU15	5816	5793	5771	6724	6701	6679
SLU16	5849	5827	5804	6606	6583	6561
SLU17	5520	6314	7108	5833	6627	7421
SLU18	5553	6347	7141	5715	6509	7303
SLU19	6676	6272	5867	6989	6585	6180
SLU20	6709	6305	5900	6871	6467	6062
SLU21	4957	6133	7309	5270	6446	7622
SLU22	4990	6166	7342	5152	6328	7504
SLU23	6113	6091	6068	6426	6404	6381
SLU24	6146	6124	6101	6308	6286	6263
SLU25	5134	6328	7521	5447	6641	7834
SLU26	5168	6361	7555	5329	6523	7716
SLU27	7061	6258	5454	7375	6571	5767
SLU28	7095	6291	5487	7257	6453	5649
SLU29	4571	6147	7722	4885	6460	8035
SLU30	4605	6180	7756	4767	6342	7917
SLU31	6499	6077	5655	6812	6390	5968
SLU32	6532	6110	5688	6694	6272	5850
SLU33	5509	6303	7097	5872	6666	7460
SLU34	5564	6358	7152	5675	6469	7263
SLU35	6665	6260	5856	7029	6624	6220
SLU36	6720	6316	5912	6832	6427	6023
SLU37	4946	6122	7298	5309	6485	7661
SLU38	5001	6177	7353	5113	6288	7464
SLU39	6102	6080	6057	6466	6443	6421
SLU40	6158	6135	6113	6269	6246	6224
SLV1	3050	3196	3343	5004	5151	5298
SLV2	3073	3219	3366	4922	5069	5216
SLV3	3345	3744	4143	4205	4603	5002
SLV4	3368	3767	4166	4123	4521	4920
SLV5	3622	3769	3916	4360	4506	4653
SLV6	3645	3792	3939	4278	4424	4571

PILA 02 –SFORZI NORMALI SUI PALI [kN]						
PALO	1	2	3	4	5	6
SLc1	4141	4685	5229	4368	4912	5456
SLc2	4169	4713	5256	4270	4813	5357
SLc3	4912	4657	4402	5139	4884	4629
SLc4	4940	4685	4429	5041	4785	4530
SLc5	3662	3634	3607	3889	3861	3834
SLc6	3690	3662	3634	3790	3763	3735
SLc7	4433	3606	2780	4660	3833	3006
SLc8	4461	3634	2807	4561	3735	2908
SLf1	4398	4676	4953	4625	4902	5180
SLf2	4426	4703	4981	4527	4804	5081
SLf3	4655	4666	4677	4882	4893	4904
SLf4	4683	4694	4705	4784	4795	4806
SLf5	3919	3625	3331	4146	3852	3558
SLf6	3947	3653	3359	4047	3753	3459
SLf7	4176	3616	3055	4403	3842	3282
SLf8	4204	3643	3083	4304	3744	3184
SLqp1	4081	4081	4081	4297	4297	4297
SLqp2	4104	4104	4104	4215	4215	4215

PILA 02 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]			
	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU1	27	103	106
SLU2	14	103	104
SLU3	27	-102	106
SLU4	14	-102	103
SLU5	27	103	107
SLU6	14	103	104
SLU7	27	-102	105
SLU8	14	-102	103
SLU9	77	102	128
SLU10	64	102	121
SLU11	77	-102	128
SLU12	64	-102	120
SLU13	77	103	128
SLU14	64	103	121
SLU15	77	-102	127
SLU16	64	-102	120
SLU17	27	102	106
SLU18	14	102	103
SLU19	27	-102	106
SLU20	14	-102	103
SLU21	27	103	106
SLU22	14	103	104
SLU23	27	-102	105
SLU24	14	-102	103
SLU25	27	171	173

PILA 02 –SFORZI TAGLIO SUI PALI [kN]			
	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU26	14	171	171
SLU27	27	-170	172
SLU28	14	-170	171
SLU29	27	171	173
SLU30	14	171	172
SLU31	27	-170	172
SLU32	14	-170	171
SLU33	31	102	107
SLU34	10	102	103
SLU35	31	-102	107
SLU36	10	-102	103
SLU37	31	103	107
SLU38	10	103	103
SLU39	31	-102	106
SLU40	10	-102	102
SLV1	202	28	203
SLV2	193	28	195
SLV3	73	94	119
SLV4	65	94	114
SLV5	73	28	79
SLV6	65	28	70
SLc1	19	68	71
SLc2	9	68	69
SLc3	19	-68	71
SLc4	9	-68	69
SLc5	19	68	70
SLc6	9	68	68
SLc7	19	-69	71
SLc8	9	-69	69
SLf1	19	23	30
SLf2	9	23	25
SLf3	19	-23	30
SLf4	9	-23	24
SLf5	19	22	30
SLf6	9	22	24
SLf7	19	-23	30
SLf8	9	-23	25
SLqp1	19	0	19
SLqp2	10	0	10

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 34 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

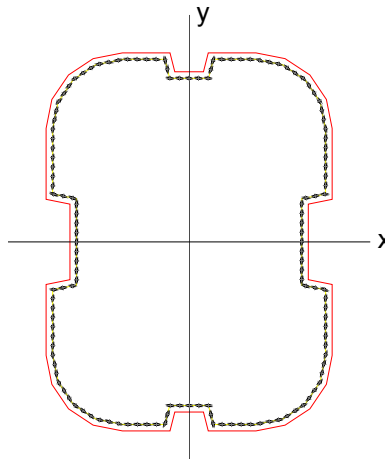
Si riporta ora un prospetto riepilogativo delle sollecitazioni più significative agenti sui pali agli stati limite considerati:

PILA	Nmax,slu	Nmax,slv	Nmin	Vmax
1	7884	5112	2752	199
2	8035	5298	2780	203
Nmax	8035	5298		
Nmin			2752	
Vmax				203

S.L.E.											
Combinazioni Caratteristiche				Combinazioni Frequenti				Combinazioni Quasi Permanenti			
PILA	Nmax	Nmin	Vmax	PILA	Nmax	Nmin	Vmax	PILA	Nmax	Nmin	Vmax
1	5503	2752	71	1	5245	3010	30	1	4225	4028	19
2	5456	2780	71	2	5180	3055	30	2	4297	4081	19
Nmax	5503			Nmax	5245			Nmax	4297		
Nmin		2752		Nmin		3010		Nmin		4028	
Vmax			71	Vmax			30	Vmax			19

4 VERIFICA DEL FUSTO DELLE PILE

La sezione tipo del fusto pile è rappresentata nella figura seguente. Attraverso diverse analisi di predimensionamento si è scelto di armare longitudinalmente il fusto delle pile con 136 ferri posti ad interasse 10 cm. Il diametro dei ferri viene precisato nei paragrafi successivi. Le differenziazioni delle armature per le pile avvengono solo a livello dei diametri adottati: $\Phi 18$ per la pila 01 e $\Phi 20$ per la pila 02.



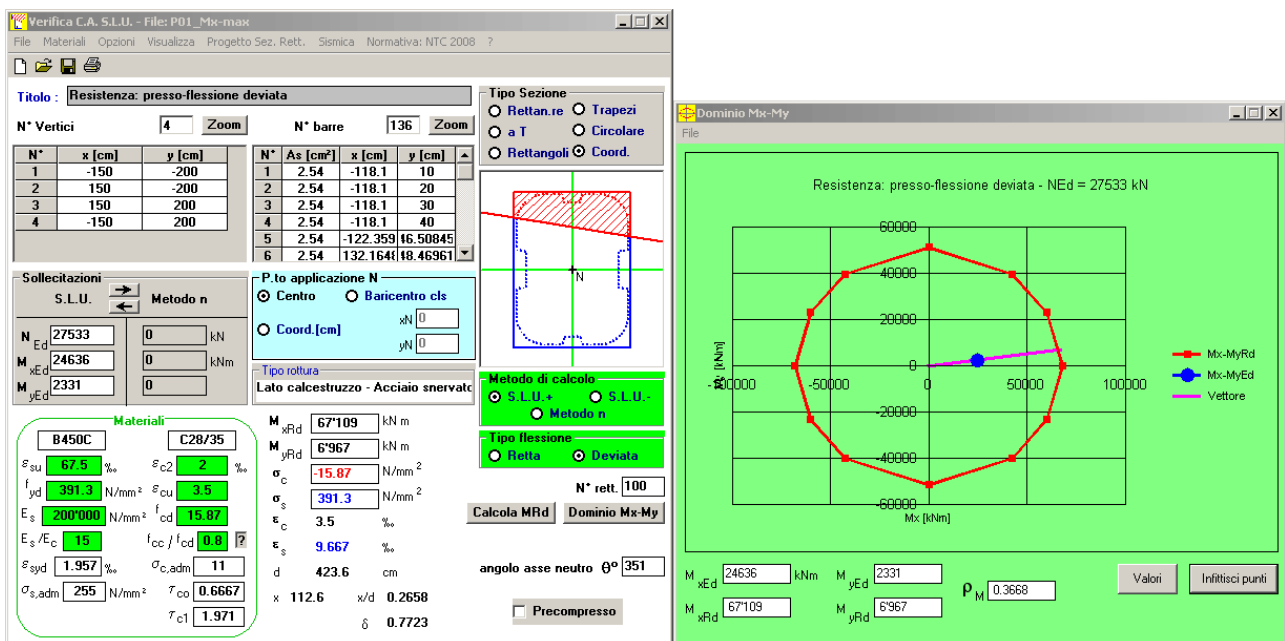
4.1 S.L.U. – RESISTENZA: PRESSO-FLESSIONE

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

Si riporta di seguito l'output delle verifiche:

PILA 01

massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_My-max

Titolo: Resistenza: presso-flessione deviata

N° Vertici: 4 N° barre: 136

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-150	-200	1	2.54	-118.1	10
2	150	-200	2	2.54	-118.1	20
3	150	200	3	2.54	-118.1	30
4	-150	200	4	2.54	-118.1	40
			5	2.54	-122.359	16.50845
			6	2.54	132.164	18.46961

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 17425 kN
 M_{xEd}: 6501 kNm
 M_{yEd}: 14710 kNm

Materiali: B450C, C28/35

σ_{su}: 67.5 % ε_{c2}: 2 %
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 %
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 15.87
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 % σ_{c,adm}: 11
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6667
 τ_{c1}: 1.971

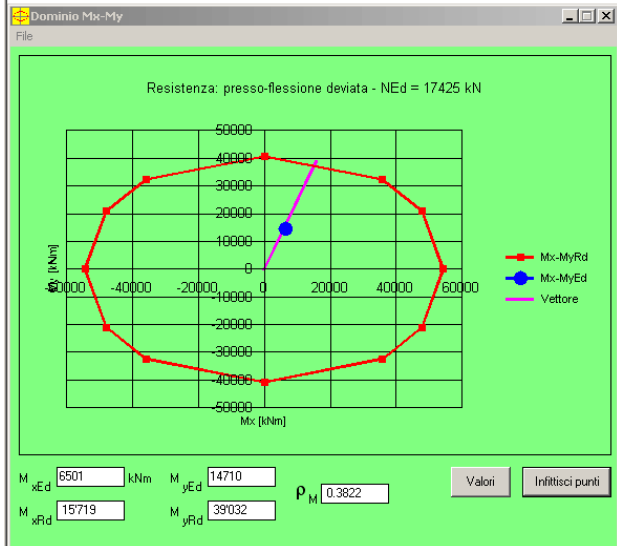
M_{xRd}: 15719 kNm
 M_{yRd}: 39032 kNm
 σ_c: 15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5 %
 ε_s: 10.96 %
 d: 340.4 cm
 x: 82.38 x/d: 0.242
 δ: 0.7425

angolo asse neutro θ°: 279

Metodo di calcolo: S.L.U.+, S.L.U., Metodo n
 Tipo flessione: Retta, Deviato
 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

Precompresso



minimo sforzo assiale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_N-min

Titolo: Resistenza: presso-flessione deviata

N° Vertici: 4 N° barre: 136

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-150	-200	1	2.54	-118.1	10
2	150	-200	2	2.54	-118.1	20
3	150	200	3	2.54	-118.1	30
4	-150	200	4	2.54	-118.1	40
			5	2.54	-122.359	16.50845
			6	2.54	132.164	18.46961

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 17069 kN
 M_{xEd}: 1948 kNm
 M_{yEd}: 4751 kNm

Materiali: B450C, C28/35

σ_{su}: 67.5 % ε_{c2}: 2 %
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 %
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 15.87
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 % σ_{c,adm}: 11
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6667
 τ_{c1}: 1.971

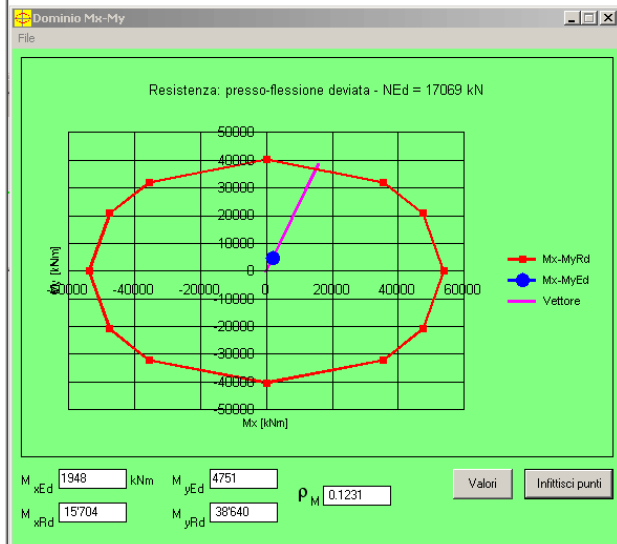
M_{xRd}: 15704 kNm
 M_{yRd}: 38640 kNm
 σ_c: 15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5 %
 ε_s: 11.07 %
 d: 340.4 cm
 x: 81.76 x/d: 0.2402
 δ: 0.7402

angolo asse neutro θ°: 279

Metodo di calcolo: S.L.U.+, S.L.U., Metodo n
 Tipo flessione: Retta, Deviato
 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

Precompresso



PILA 02

massimo momento trasversale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P02_Mx-max

Titolo: **Resistenza: presso-flessione deviata**

N° Vertici: 4 N° barre: 136

N°	x [cm]	y [cm]
1	-150	-200
2	150	-200
3	150	200
4	-150	200

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.14	-118.1	10
2	3.14	-118.1	20
3	3.14	-118.1	30
4	3.14	-118.1	40
5	3.14	-122.359	16.50845
6	3.14	132.164	18.46961

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 28040 kN
 M_{xEd}: 25791 kNm
 M_{yEd}: 2517 kNm

Materiali: B450C, C28/35

σ_{su}: 67.5%, ε_{c2}: 2%, f_{yd}: 391.3 N/mm², ε_{cu}: 3.5%, E_s: 200'000 N/mm², f_{cd}: 15.87, E_s/E_c: 15, f_{cc}/f_{cd}: 0.8, σ_{syd}: 1.957%, σ_{c,adm}: 11, σ_{s,adm}: 255 N/mm², τ_{co}: 0.6667, τ_{c1}: 1.971

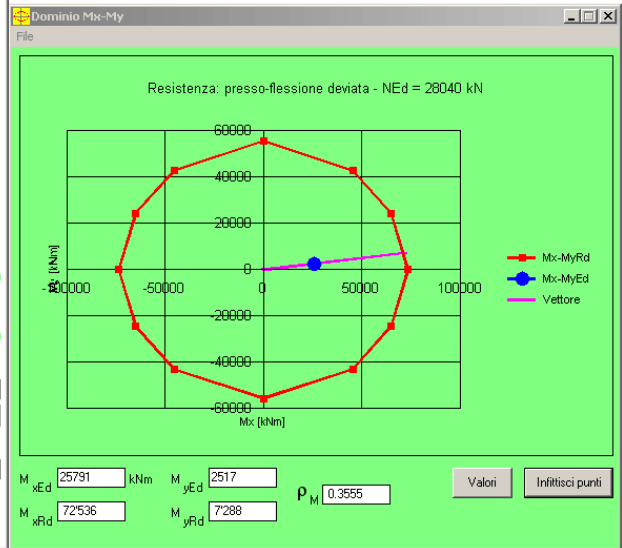
M_{xRd}: 72536 kNm, M_{yRd}: 7288 kNm, σ_c: -15.87 N/mm², σ_s: 391.3 N/mm², ε_c: 3.5%, ε_s: 9.234%, d: 423.6 cm, x: 116.4, x/d: 0.2749, δ: 0.7836

angolo asse neutro θ°: 351

Metodo di calcolo: S.L.U., Tipo flessione: Retta, N° rett.: 100

Calcola MRd, Dominio Mx-My

Precompresso



massimo momento longitudinale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_My-max

Titolo: **Resistenza: presso-flessione deviata**

N° Vertici: 4 N° barre: 136

N°	x [cm]	y [cm]
1	-150	-200
2	150	-200
3	150	200
4	-150	200

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	2.54	-118.1	10
2	2.54	-118.1	20
3	2.54	-118.1	30
4	2.54	-118.1	40
5	2.54	-122.359	16.50845
6	2.54	132.164	18.46961

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 17797 kN
 M_{xEd}: 2220 kNm
 M_{yEd}: 16217 kNm

Materiali: B450C, C28/35

σ_{su}: 67.5%, ε_{c2}: 2%, f_{yd}: 391.3 N/mm², ε_{cu}: 3.5%, E_s: 200'000 N/mm², f_{cd}: 15.87, E_s/E_c: 15, f_{cc}/f_{cd}: 0.8, σ_{syd}: 1.957%, σ_{c,adm}: 11, σ_{s,adm}: 255 N/mm², τ_{co}: 0.6667, τ_{c1}: 1.971

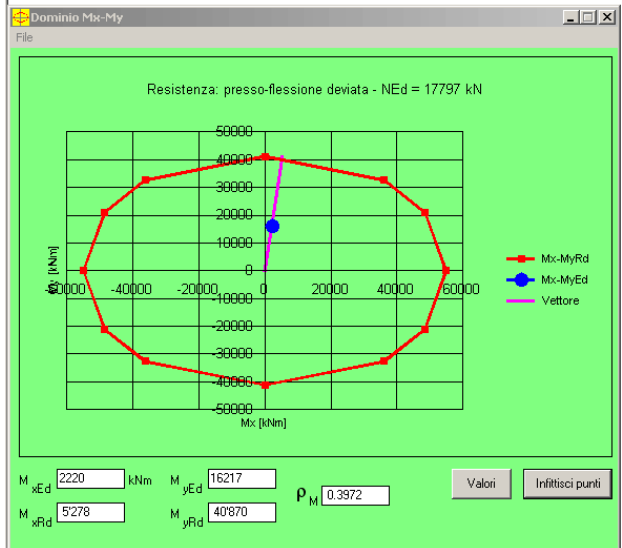
M_{xRd}: 5278 kNm, M_{yRd}: 40'870 kNm, σ_c: -15.87 N/mm², σ_s: 391.3 N/mm², ε_c: 3.5%, ε_s: 15.24%, d: 309.5 cm, x: 57.82, x/d: 0.1868, δ: 0.7

angolo asse neutro θ°: 273

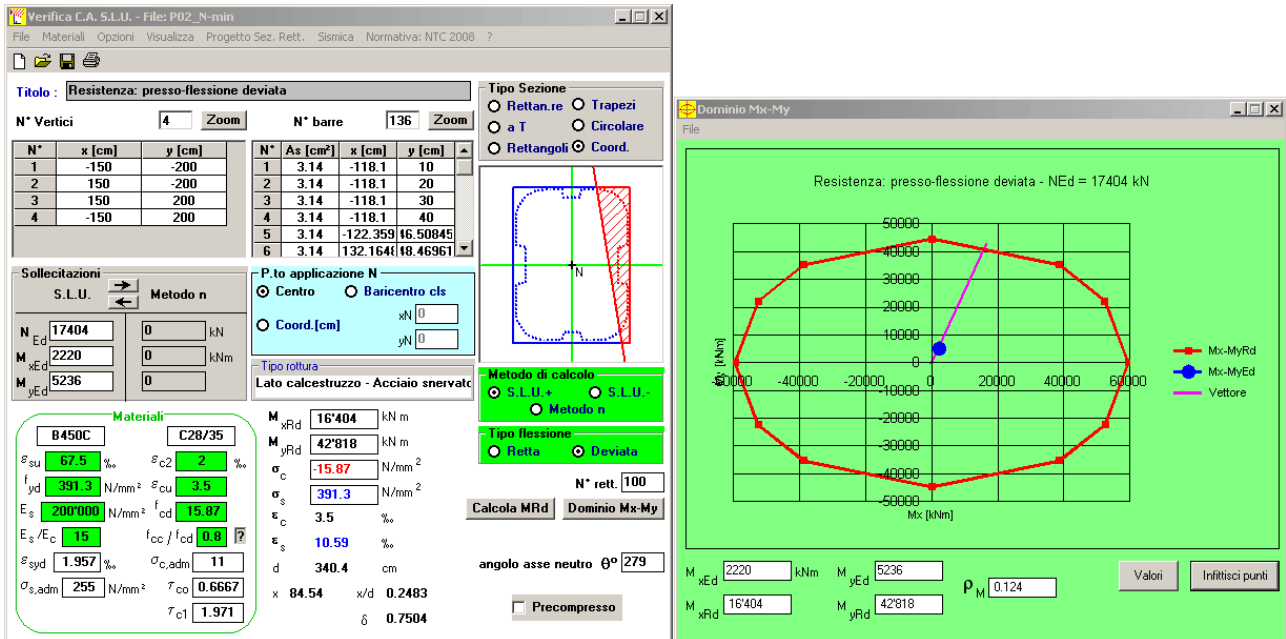
Metodo di calcolo: S.L.U., Tipo flessione: Retta, N° rett.: 100

Calcola MRd, Dominio Mx-My

Precompresso

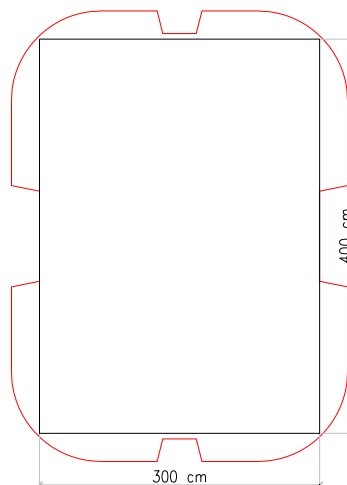


minimo sforzo assiale



4.2 S.L.U. – RESISTENZA: TAGLIO

Le verifiche alle tensioni tangenziali vengono effettuate nelle due combinazioni che massimizzano rispettivamente il taglio longitudinale ed il taglio trasversale, con i valori di sforzo assiale associati a tali combinazioni. Per le verifiche di taglio si fa riferimento a quanto prescritto nel paragrafo 4.1.2.1.3 delle norme tecniche per le costruzioni. 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. La verifica a taglio viene eseguita nella sezione più sfavorevole per tutte le pile che risulta essere quella all'estradosso del plinto di fondazione. La verifica condotta è riportata nel foglio di calcolo seguente, dal quale si evince che il taglio resistente del solo calcestruzzo risulta essere maggiore della sollecitazione di progetto e non risulterebbe quindi necessario disporre armatura a taglio; ciononostante, un'adeguata armatura trasversale viene comunque disposta lungo il fusto delle 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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 39 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

PILA 01

	V long	V trasv		
Sollecitazioni				
V	=	1184.1	1019.2	kN
N	=	17425.2	27532.9	kN
				taglio
				sforzo normale (>0 compressione)
Geometria				
B	=	3600	2500	mm
H	=	3000	4000	mm
d	=	2950	3950	mm
				larghezza sezione
				altezza sezione
				altezza utile
Materiali				
R _{ck}	=	35	35	
f _{ck}	=	29.05	29.05	MPa
γ _c	=	1.50	1.50	
α _{cc}	=	0.85	0.85	
f _{cd}	=	16.46	16.46	MPa
f' _{cd}	=	8.23	8.23	MPa
γ _s	=	1.15	1.15	
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa
				resistenza caratteristica cubica
				resistenza caratteristica cilindrica
				coefficiente parziale di sicurezza
				coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
				resistenza di calcolo a compressione
				resistenza ridotta
				coefficiente di sicurezza acciaio
				tensione caratteristica di snervamento acciaio
				tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio				
A _{sl}	=	34608	34608	mm ²
ρ _l	=	0.003	0.004	
k	=	1.260	1.225	
v _{min}	=	0.267	0.256	
σ _{cp}	=	1.61	2.75	MPa
σ _{cp,ad}	=	1.61	2.75	MPa
V _{Rd}	=	5968.1	7224.5	kN
FS	=	5.04	7.09	
				armatura longitudinale
				rapporto geometrico di armatura longitudinale
				tensione media calcestruzzo
				tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
				taglio resistente

PILA 02

	V long	V trasv		
Sollecitazioni				
V	=	1209.2	1026.5	kN
N	=	17796.9	28039.8	kN
				taglio
				sforzo normale (>0 compressione)
Geometria				
B	=	3600	2500	mm
H	=	3000	4000	mm
d	=	2950	3950	mm
				larghezza sezione
				altezza sezione
				altezza utile
Materiali				
R _{ck}	=	35	35	
f _{ck}	=	29.05	29.05	MPa
γ _c	=	1.50	1.50	
α _{cc}	=	0.85	0.85	
f _{cd}	=	16.46	16.46	MPa
f' _{cd}	=	8.23	8.23	MPa
γ _s	=	1.15	1.15	
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa
				resistenza caratteristica cubica
				resistenza caratteristica cilindrica
				coefficiente parziale di sicurezza
				coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
				resistenza di calcolo a compressione
				resistenza ridotta
				coefficiente di sicurezza acciaio
				tensione caratteristica di snervamento acciaio
				tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio				
A _{sl}	=	42726	42726	mm ²
ρ _l	=	0.004	0.004	
k	=	1.260	1.225	
v _{min}	=	0.267	0.256	
σ _{cp}	=	1.65	2.80	MPa
σ _{cp,ad}	=	1.65	2.80	MPa
V _{Rd}	=	6270.1	7528.5	kN
FS	=	5.19	7.33	
				armatura longitudinale
				rapporto geometrico di armatura longitudinale
				tensione media calcestruzzo
				tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
				taglio resistente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 40 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

4.3 S.L.E. – FESSURAZIONE

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

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

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

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

condizioni ambientali aggressive
armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	\varnothing									
160	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
200	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16
240	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
280	12	12	12	12	12	12	12	12	8	8
320	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6
360	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

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

PILA 01

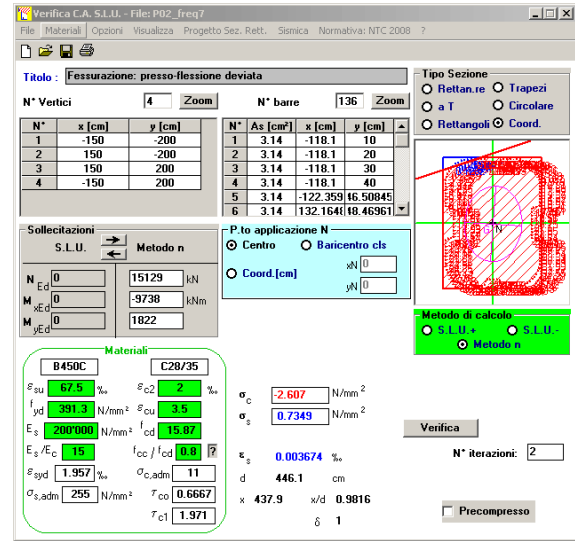
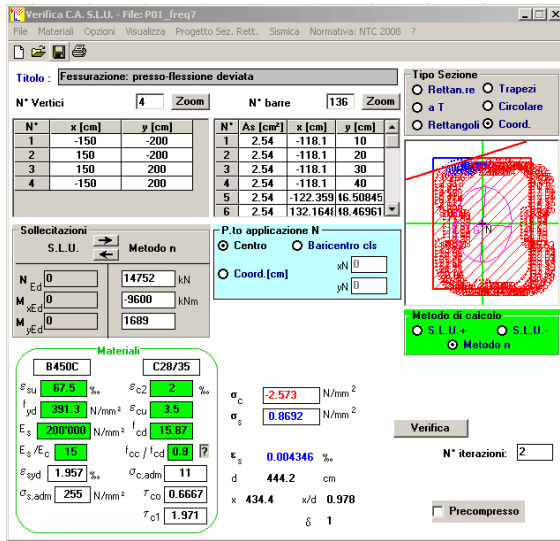
Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	combinazione		freq 7	freq 8	qp1	qp2		
N	21112	20936	21056	20880	14808	14632	14752	14576	17515	17368	kN	sforzo assiale
M_x	7144	7144	3346	3346	-5803	-5803	-9600	-9600	0	0	kNm	momento flettente trasversale
M_y	1689	746	1689	746	1689	746	1689	746	1610	825	kNm	momento flettente longitudinale
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo

PILA 02

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	combinazione		freq 7	freq 8	qp1	qp2		
N	21489	21277	21433	21221	15185	14973	15129	14917	17889	17713	kN	sforzo assiale
M_x	4651	4651	539	539	-5627	-5627	-9738	-9738	0	0	kNm	momento flettente trasversale
M_y	1822	812	1822	812	1822	812	1822	812	1738	896	kNm	momento flettente longitudinale
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo



4.4 S.L.E. – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ in combinazione caratteristica e $0,40 f_{ck}$ in combinazione quasi permanente; per l'acciaio: $0,80 f_{yk}$ in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

PILA 01

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2			
					rara5	rara6							
Sollecitazioni agenti													
N	=	21168	20992	20999	20823	14864	14688	14695	14519	17515	17368	kN	sforzo assiale
M _x	=	10941	10941	-451	-451	-2006	-2006	-13397	-13397	0	0	kNm	momento flettente trasversale
M _y	=	1689	746	1689	746	1689	746	1689	746	1610	825	kNm	momento flettente longitudinale
Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio													
$\sigma_{c,max}$	=	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	13.07	13.07	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	2.96	-	-	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio													
$\sigma_{s,max}$	=	360	360	360	360	360	360	360	360	-	-	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK				

PILA 02

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2			
					rara5	rara6							
Sollecitazioni agenti													
N	=	21545	21333	21377	21165	15242	15030	15073	14861	17889	17713	kN	sforzo assiale
M _x	=	8763	8763	-3573	-3573	-1515	-1515	-13850	-13850	0	0	kNm	momento flettente trasversale
M _y	=	1822	812	1822	812	1822	812	1822	812	1738	896	kNm	momento flettente longitudinale
Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio													
$\sigma_{c,max}$	=	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	13.07	13.07	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	3.21	-	-	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio													
$\sigma_{s,max}$	=	360	360	360	360	360	360	360	360	-	-	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK				

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_rara7

Titolo: **Limitazione delle tensioni: presso-flessione deviata**

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 136 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-150	-200
2	150	-200
3	150	200
4	-150	200

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 14688 kN
 M_{Ed}: 0 -13397 kNm
 M_{yEd}: 0 746

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

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

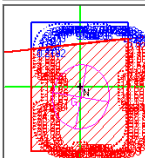
Materiali: B450C C28/35

σ_{su} 67.5 % σ_{c2} 2 %
 f_{yd} 391.3 N/mm² σ_{cu} 3.5 %
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 β
 σ_{syd} 1.957 % $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

σ_c -2.956 N/mm²
 σ_s 8.603 N/mm²
 ϵ_s 0.04302 %
 d 414.8 cm
 x 347.4 x/d 0.8375
 δ 1

Verifica N° iterazioni: 3

Precompresso



Verifica C.A. S.L.U. - File: P02_rara7

Titolo: **Limitazione delle tensioni: presso-flessione deviata**

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 136 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-150	-200
2	150	-200
3	150	200
4	-150	200

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 15073 kN
 M_{Ed}: 0 -13850 kNm
 M_{yEd}: 0 1822

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

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

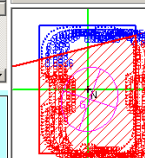
Materiali: B450C C28/35

σ_{su} 67.5 % σ_{c2} 2 %
 f_{yd} 391.3 N/mm² σ_{cu} 3.5 %
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 β
 σ_{syd} 1.957 % $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

σ_c -3.209 N/mm²
 σ_s 10.74 N/mm²
 ϵ_s 0.05369 %
 d 437.3 cm
 x 357.6 x/d 0.8176
 δ 1

Verifica N° iterazioni: 3

Precompresso



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 43 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

5 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

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

5.1 METODO 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:

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

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

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

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

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

A_s è l'area totale dell'armatura longitudinale;

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

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

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

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

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

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

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

$$\lambda = l_0 / i$$

dove:

l_0 è la lunghezza libera d'inflessione

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 44 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

5.1.2 Viscosità

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

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

dove:

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

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

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

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

5.1.3 Momenti flettenti

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

5.8.8.2	<p>Momenti flettenti</p> <p>(1) Il momento di progetto è:</p> $M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2 \quad (5.31)$ <p>dove:</p> <p>M_{0Ed} è il momento del primo ordine, che tiene conto dell'effetto delle imperfezioni, vedere anche punto 5.8.8.2 (2);</p> <p>M_2 è il momento del secondo ordine nominale, vedere punto 5.8.8.2 (3).</p> <p>Il valore massimo di M_{Ed} è dato dalle distribuzioni di M_{0Ed} e M_2; quest'ultimo può essere preso come parabolico oppure sinusoidale sulla lunghezza libera d'inflessione.</p> <p>Nota Nel caso di elementi iperstatici, M_{0Ed} è determinato per le condizioni reali di vincolo, mentre M_2 dipenderà dalle condizioni di vincolo attraverso la lunghezza libera d'inflessione, vedere punto 5.8.8.1 (1).</p> <p>(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}:</p> $M_{0e} = 0,6 M_{02} + 0,4 M_{01} \geq 0,4 M_{02} \quad (5.32)$ <p>M_{01} e M_{02} dovrebbero avere lo stesso segno se essi provocano trazione sullo stesso lato, altrimenti segni opposti. Inoltre, $M_{02} \geq M_{01}$.</p> <p>(3) Il momento nominale del secondo ordine M_2 nell'espressione (5.31) è</p> $M_2 = N_{Ed} e_2 \quad (5.33)$ <p>dove:</p> <p>N_{Ed} è il valore di progetto della forza assiale;</p> <p>e_2 è l'inflessione = $(1/r) l_0^2 / c$;</p> <p>$1/r$ è la curvatura, vedere punto 5.8.8.3;</p> <p>l_0 è la lunghezza libera d'inflessione, vedere punto 5.8.3.2;</p> <p>c è un fattore che dipende dalla distribuzione della curvatura, vedere punto 5.8.8.2 (4).</p> <p>(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).</p> <p>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.</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	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 45 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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:

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

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).

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

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

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

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

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

dove:

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

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

$n_u = 1 + \omega$;

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

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

A_s è l'area totale delle armature;

A_c è l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

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

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

dove:

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

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

l è la snellezza, vedere punto 5.8.3.1.

5.1.5 Flessione deviata

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 46 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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.

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

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

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

dove:

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

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

a è l'esponente;

per sezioni circolari ed ellittiche: $a = 2$

per sezioni rettangolari:

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

con interpolazione lineare per valori intermedi;

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

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

dove:

A_c è l'area lorda della sezione di calcestruzzo,

A_s è l'area delle armature longitudinali.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 47 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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 ($N_{x,max}$);
- momento trasversale massimo ($M_{x,max}$);
- momento longitudinale massimo ($M_{y,max}$).

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

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

5.2.1 Momenti di calcolo al secondo ordine

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

PILA 01

	Nmax	Mx,max	My,max		
Materiali					
R_{ck}	= 35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= 29.1	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	= 37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	= 32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	= 450.0	450.0	450.0	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}	= 0.0019	0.0019	0.0019		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria					
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	= 14.26	14.26	14.26	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	= 34608	34608	34608	mm ²	area armatura longitudinale totale disposta nella sezione
ω	= 0.09	0.09	0.09		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}	= 28.52	28.52	28.52	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	= 28.52	28.52	28.52	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	= 35.0	35.0	35.0		snellezza longitudinale
λ_y	= 25.5	25.5	25.5		snellezza trasversale
λ	= 35.0	35.0	35.0		snellezza massima

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 48 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

Eccentricità

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_1	=	0.003	0.003	0.003	
e_{ix}	=	0.05	0.05	0.05	m
e_{iy}	=	0.05	0.05	0.05	m

eccentricità aggiuntiva longitudinale
eccentricità aggiuntiva trasversale

Sollecitazioni

N_{Ed}	=	30133.6	27532.9	17425.2	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	=	17984.6	24636.4	1948.4	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	=	17984.6	24636.4	1948.4	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	=	0.0	0.0	0.0	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	=	2331.0	2331.0	14710.4	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	=	19417	25945	2777	kN*m	minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	=	19417	25945	2777	kN*m	massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	=	1432.3	1308.7	828.3	kN*m	minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	=	3763.3	3639.7	15538.7	kN*m	massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	=	19416.9	25945.1	2776.6	kN*m	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	=	2830.9	2707.3	9654.5	kN*m	momento flettente di calcolo longitudinale equivalente

Valutazione della snellezza limite

A	=	0.70	0.70	0.70	
B	=	1.08	1.08	1.08	
C	=	0.70	0.70	0.70	
n	=	0.20	0.18	0.11	
λ_{lim}	=	24.0	25.1	31.5	
		NO	NO	NO	

coefficiente funzione del rapporto meccanico di armatura
coefficiente funzione del rapporto dei momenti flettenti alle estremità (=0.7 se il rapporto non è n
forza assiale adimensionale
snellezza limite

Buckling

n_u	=	1.09	1.09	1.09	
n_{bal}	=	0.40	0.40	0.40	
K_φ	=	1.00	1.00	1.00	
$\varphi(\infty, t_0)$	=	2.00	2.00	2.00	
c	=	9.87	9.87	9.87	

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

Buckling longitudinale

M_{SLE}/M_{SLU}	=	0.74	0.74	0.74	
$\varphi_{eff,x}$	=	1.48	1.48	1.48	
β_x	=	0.26	0.26	0.26	
$K_{\varphi x}$	=	1.39	1.39	1.39	
$(1/r_0)_x$	=	0.0014	0.0014	0.0014	
$(1/r)_x$	=	0.0020	0.0020	0.0020	
e_{2x}	=	0.16	0.16	0.16	m
M_{2y}	=	4932.1	4506.4	2852.0	kNm
M_{Edy}	=	7763.0	7213.7	12506.6	kNm

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

Buckling trasversale

M_{SLE}/M_{SLU}	=	0.74	0.74	0.74	
$\varphi_{eff,y}$	=	1.48	1.48	1.48	
β_y	=	0.33	0.33	0.33	
$K_{\varphi y}$	=	1.48	1.48	1.48	
$(1/r_0)_y$	=	0.0011	0.0011	0.0011	
$(1/r)_y$	=	0.0016	0.0016	0.0016	
e_{2y}	=	0.13	0.13	0.13	m
M_{2x}	=	3933.2	3593.8	2274.4	kNm
M_{Edx}	=	23350.1	29538.9	5051.1	kNm

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

Buckling flessione deviata - verifica geometrica

$\lambda_{max}/\lambda_{min}$	=	1.37	1.37	1.37	
$b_{x,eq}$	=	2.82	2.82	2.82	m
$b_{y,eq}$	=	3.88	3.88	3.88	m
e_x	=	0.05	0.05	0.51	m
e_y	=	0.60	0.89	0.11	m
e_{x0}	=	0.09	0.10	0.55	m
e_{y0}	=	0.64	0.94	0.16	m
e/b	=	0.11	0.08	2.53	

rapporto di snellezza massimo (se <=2 sufficiente verifica a flessione semplice)
dimensione longitudinale equivalente
dimensione trasversale equivalente
eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
eccentricità longitudinale
eccentricità trasversale
minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti

Buckling flessione deviata - verifica semplificata

N_{Rd}	=	-	-	167059	kN
a	=	-	-	1.50	
M_{Rdx}	=	-	-	25629	kNm
M_{Rdy}	=	-	-	19216	kNm
check	=	-	-	0.61	

forza nominale resistente
esponente del dominio
momento resistente trasversale per pressoflessione retta
momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 49 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

PILA 02

	Nmax	Mx,max	My,max		
Materiali					
R_{ck}	= 35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= 29.1	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	= 1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cm}	= 37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
E_{cm}	= 32588	32588	32588	MPa	modulo elastico istantaneo
f_{yk}	= 450.0	450.0	450.0	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}	= 0.0019	0.0019	0.0019		deformazione allo snervamento di calcolo
Geometria					
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	= 15.46	15.46	15.46	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	= 42726	42726	42726	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
L_{0x}	= 30.92	30.92	30.92	m	lunghezza libera d'inflessione longitudinale
L_{0y}	= 30.92	30.92	30.92	m	lunghezza libera d'inflessione trasversale
λ_x	= 38.0	38.0	38.0		snellezza longitudinale
λ_y	= 27.6	27.6	27.6		snellezza trasversale
λ	= 38.0	38.0	38.0		snellezza massima
Eccentricità					
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_1	= 0.003	0.003	0.003		
e_{ix}	= 0.05	0.05	0.05	m	eccentricità aggiuntiva longitudinale
e_{iy}	= 0.05	0.05	0.05	m	eccentricità aggiuntiva trasversale
Sollecitazioni					
N_{Ed}	= 30640.4	28039.8	17796.9	kN	sforzo normale di calcolo
$M_{1,x}$	= 13922.3	25790.7	2220.1	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{2,x}$	= 13922.3	25790.7	2220.1	kN*m	momento flettente trasversale del primo ordine
$M_{1,y}$	= 0.0	0.0	0.0	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{2,y}$	= 2516.9	2516.9	16217.3	kN*m	momento flettente longitudinale del primo ordine
$M_{01,x}$	= 15501	27236	3137	kN*m	minimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{02,x}$	= 15501	27236	3137	kN*m	massimo momento flettente trasversale (in valore assoluto)
$M_{01,y}$	= 1579.0	1445.0	917.1	kN*m	minimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{02,y}$	= 4095.9	3961.9	17134.4	kN*m	massimo momento flettente longitudinale (in valore assoluto)
$M_{0Ed,x}$	= 15501.3	27235.7	3137.2	kN*m	momento flettente di calcolo trasversale equivalente
$M_{0Ed,y}$	= 3089.1	2955.1	10647.5	kN*m	momento flettente di calcolo longitudinale 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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 50 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

Valutazione della snellezza limite

A	=	0.70	0.70	0.70	
B	=	1.10	1.10	1.10	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 r:
n	=	0.20	0.18	0.12	forza assiale adimensionale
λ_{lim}	=	24.2	25.3	31.8	snellezza limite
		NO	NO	NO	

Buckling

n_u	=	1.11	1.11	1.11	
n_{bal}	=	0.40	0.40	0.40	
K_r	=	1.00	1.00	1.00	coefficiente correttivo funzione del carico assiale
$\varphi(\infty, t_0)$	=	2.00	2.00	2.00	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
$\varphi_{eff,x}$	=	1.48	1.48	1.48	coefficiente di viscosità efficace
β_x	=	0.24	0.24	0.24	
$K_{\varphi x}$	=	1.36	1.36	1.36	coefficiente che tiene conto della viscosità
$(1/r_0)_x$	=	0.0014	0.0014	0.0014	
$(1/r)_x$	=	0.0019	0.0019	0.0019	curvatura longitudinale
e_{2x}	=	0.19	0.19	0.19	m inflessione longitudinale
M_{2y}	=	5771.0	5281.2	3352.0	kNm momento nominale del 2° ordine longitudinale
M_{Edy}	=	8860.1	8236.3	13999.5	kNm momento di progetto longitudinale

Buckling trasversale

M_{SLE}/M_{SLU}	=	0.74	0.74	0.74	rapporto momento SLE/momento SLU
$\varphi_{eff,y}$	=	1.48	1.48	1.48	coefficiente di viscosità efficace
β_y	=	0.31	0.31	0.31	
$K_{\varphi y}$	=	1.46	1.46	1.46	
$(1/r_0)_y$	=	0.0011	0.0011	0.0011	curvatura trasversale
$(1/r)_y$	=	0.0016	0.0016	0.0016	curvatura trasversale
e_{2y}	=	0.15	0.15	0.15	m inflessione trasversale
M_{2x}	=	4633.6	4240.3	2691.4	kNm momento nominale del 2° ordine trasversale
M_{Edx}	=	20134.9	31476.0	5828.6	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	=	0.05	0.05	0.55	m eccentricità longitudinale che non tiene conto delle imperfezioni
e_y	=	0.45	0.92	0.12	m eccentricità trasversale che non tiene conto delle imperfezioni
e_{x0}	=	0.10	0.11	0.60	m eccentricità longitudinale
e_{y0}	=	0.51	0.97	0.18	m eccentricità trasversale
e/b	=	0.15	0.08	2.47	minimo rapporto eccentricità/dimensioni equivalenti

Buckling flessione deviata - verifica semplificata

N_{Rd}	=	-	-	170236	kN forza nominale resistente
a	=	-	-	1.50	esponente del dominio
M_{Rdx}	=	-	-	31420	kNm momento resistente trasversale per pressoflessione retta
M_{Rdy}	=	-	-	23554	kNm momento resistente longitudinale per pressoflessione retta
check	=	-	-	0.54	se < 1 verifica soddisfatta

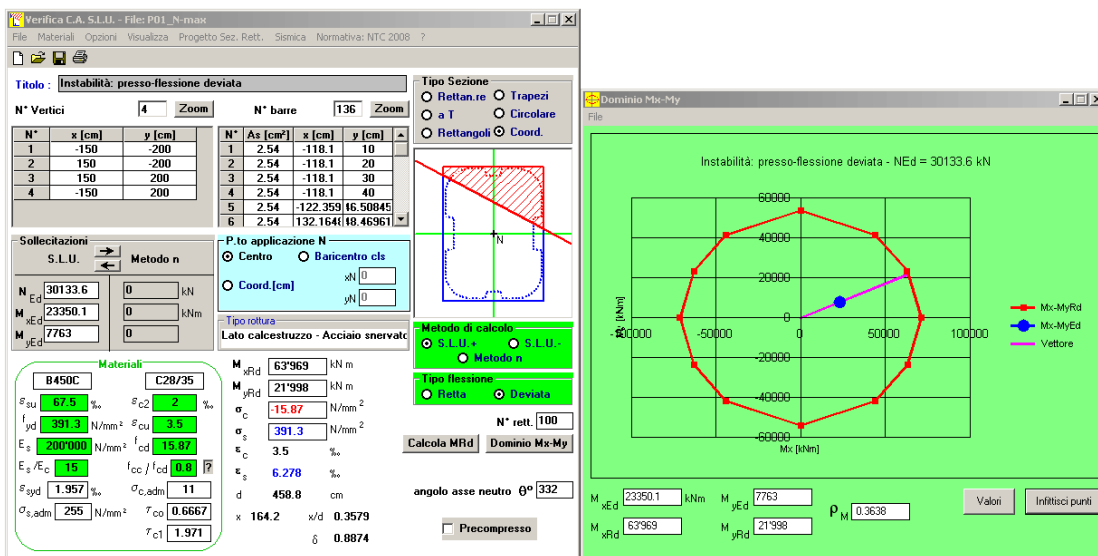
5.2.2 Verifica di resistenza per l'instabilità

Nelle figure seguenti sono riportate le verifiche di resistenza a presso-flessione deviata per le due pile del viadotto. Le verifiche sono state condotte con l'ausilio del programma V.C.A.S.L.U. così come già illustrato nel paragrafo per le verifiche di resistenza.

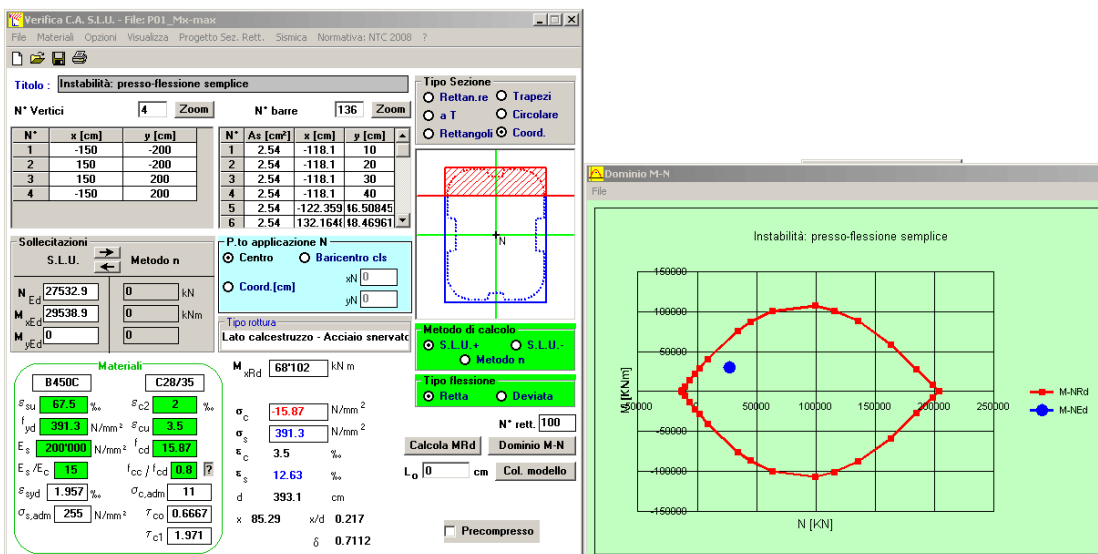
Si fa notare che, nella combinazione che massimizza lo sforzo assiale, la verifica è stata condotta in presso-flessione deviata considerando agenti contemporaneamente i due momenti di progetto (trasversali e longitudinali): questa scelta, a favore di sicurezza, è stata fatta per semplificare i calcoli e non realizzare due verifiche in presso-flessione retta.

PILA 01

massimo sforzo assiale



massimo momento trasversale



massimo momento longitudinale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_My-max(MrDx)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (MrDx)

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 136 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-150	-200	1	2.54	-118.1	10
2	150	-200	2	2.54	-118.1	20
3	150	200	3	2.54	-118.1	30
4	-150	200	4	2.54	-118.1	40
			5	2.54	-122.359	16.50845
			6	2.54	132.1641	18.46961

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

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

Lato calcestruzzo - Acciaio snerato

Materiali: B450C C28/35

ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

M_{xRd} 25'629 kN m
 σ_c -15.87 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_s 3.5%
 ϵ_s 56.06%
 d 393.1 cm
 x 23.1 x/d 0.05876
 δ 0.7

Calcola MRd Dominio M-N

Verifica C.A. S.L.U. - File: P01_My-max(MrDy)

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata semplificata (MrDy)

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 136 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-200	-150	1	2.54	119.3204	143.1
2	200	-150	2	2.54	109.32	143.1
3	200	150	3	2.54	39.31953	143.1
4	-200	150	4	2.54	39.31906	143.1
			5	2.54	79.31864	143.1
			6	2.54	69.3182	143.1

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

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

Lato calcestruzzo - Acciaio snerato

Materiali: B450C C28/35

ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

M_{xRd} 19'216 kN m
 σ_c -15.87 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_s 3.5%
 ϵ_s 55.74%
 d 293.1 cm
 x 17.32 x/d 0.05908
 δ 0.7

Calcola MRd Dominio M-N

PILA 02

massimo sforzo assiale

Verifica C.A. S.L.U. - File: P02_N-max

Titolo: Instabilità: presso-flessione deviata

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 136 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-150	-200	1	3.14	-118.1	10
2	150	-200	2	3.14	-118.1	20
3	150	200	3	3.14	-118.1	30
4	-150	200	4	3.14	-118.1	40
			5	3.14	-122.359	16.50845
			6	3.14	132.1641	18.46961

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 30640 kN
 M_{xEd} 20134.9 kNm
 M_{yEd} 8860.1 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

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

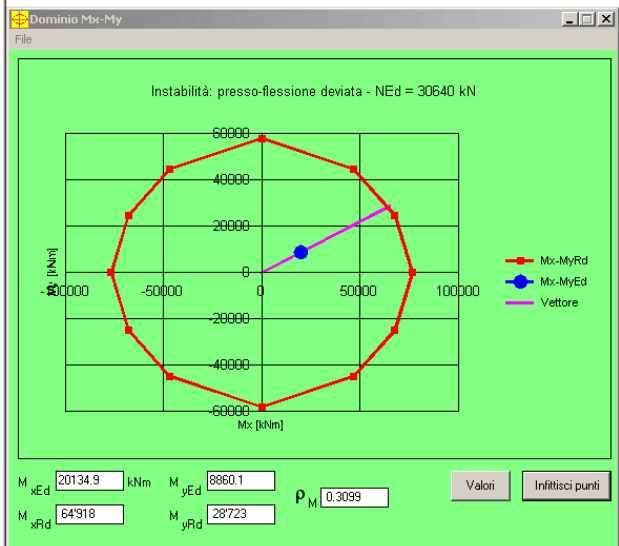
Lato calcestruzzo - Acciaio snerato

Materiali: B450C C28/35

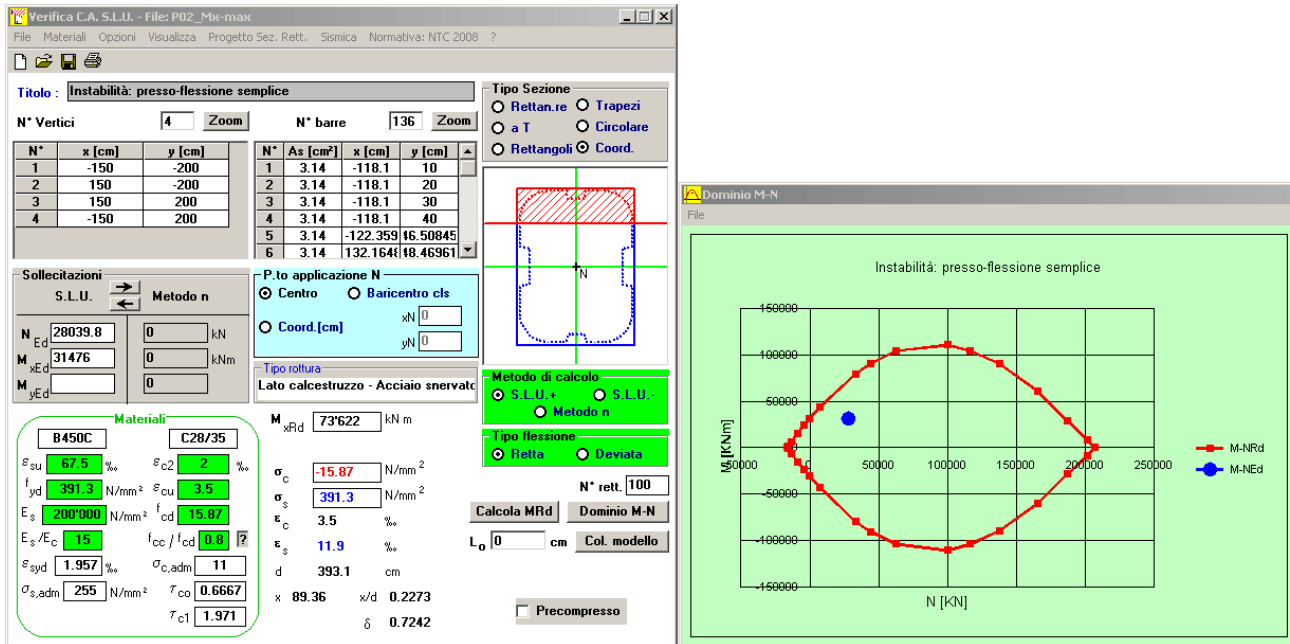
ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

M_{xRd} 64'918 kN m
 M_{yRd} 28'723 kN m
 σ_c -15.87 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_s 3.5%
 ϵ_s 5.612%
 d 461.4 cm
 x 177.2 x/d 0.3841
 δ 0.9201

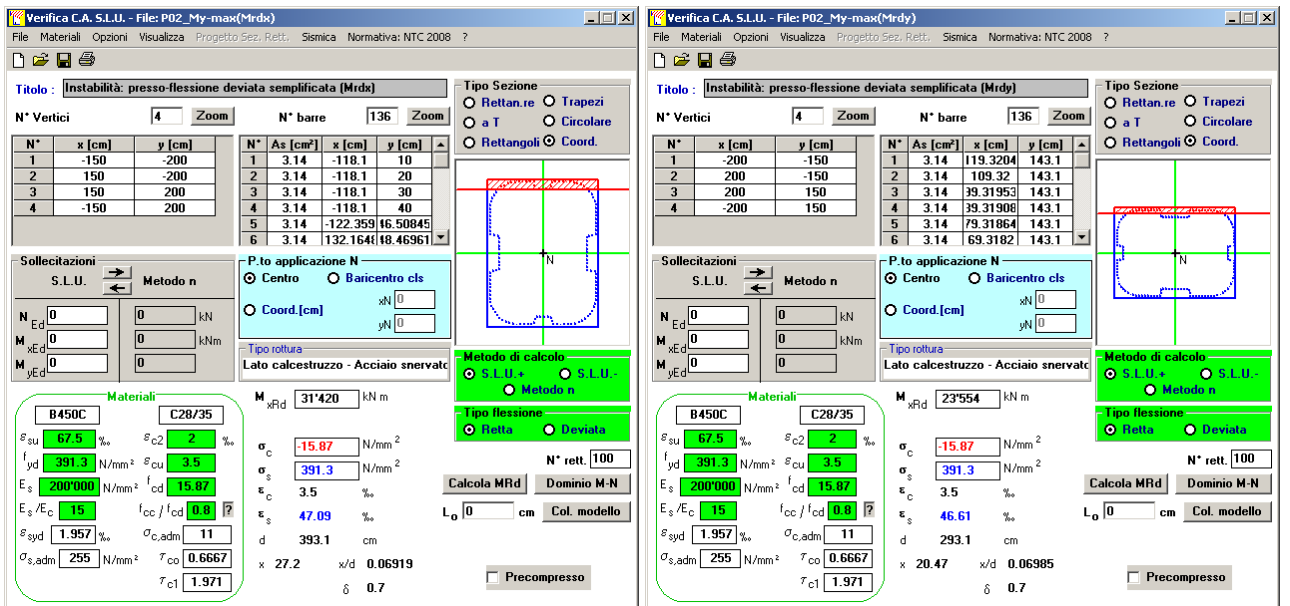
Calcola MRd Dominio Mx-My



massimo momento trasversale



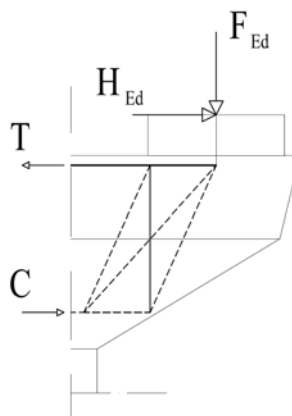
massimo momento longitudinale



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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 54 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

6 VERIFICA DEL PULVINO

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



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

RIEPILOGO Pulvini più sollecitati

	combinazione	
	Nmax	Vmax
Fz	13267	8513
V	288	468
	D3	D2

Si riporta di seguito il dettaglio dei calcoli di verifica.

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

Materiali

R_{ck}	=	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	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	14.55	14.55	MPa	resist a compr per nodi compressi

Mensola

		D3	D2		
F_{Ed}	=	13267	8513	kN	azione verticale di calcolo appoggio
H_{Ed}	=	288	468	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

Geometria

a_c	=	1075	1075	mm	distanza asse appoggio estradosso pila
B	=	3000	3000	mm	larghezza pulvino
h_c	=	3200	3200	mm	altezza pulvino
c	=	50	50	mm	copriferro
s	=	600	600	mm	altezza dente estradosso pulvino
b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
b_2	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_{3,max}$	=	300	300	mm	altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza)
d	=	3150	3150	mm	altezza utile
z	=	2520	2520	mm	braccio della coppia interna
x_1	=	304.0	195.1	mm	larghezza biella compressa
y_1	=	630.0	630.0	mm	altezza biella compressa
a	=	1227.0	1172.5	mm	distanza tra F_{Ed} e asse larghezza pila collaborante
a_H	=	950	950	mm	distanza tra H_{Ed} e armatura

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 55 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

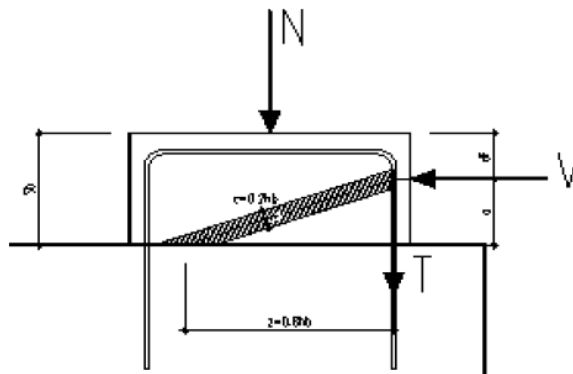
C	=	6568	4138	kN	risultante di compressione
T	=	6857	4606	kN	risultante di trazione
σ_c	=	1.74	1.09	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	8.37	13.29		
n	=	40	40		numero ferri superiore
\varnothing	=	24	24	mm	diametro armatura superiore
A_s	=	18095.6	18095.6	mm ²	area armatura superiore
σ_s	=	378.91	254.53	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	1.03	1.54		

Verifica tirante secondario (armatura verticale)

		orizz	orizz		disposizione staffe
F_{wd}	=	4066	2698	kN	risultante forza di taglio
n_w	=	8	8		numero staffe
s_w	=	200	200	mm	passo staffe
\varnothing_w	=	18	18	mm	diametro staffe
k_2	=	0.25	0.25		coefficiente per l'armatura a taglio minima (0.25 se orizzontale 0.5 se verticale)
$A_{s,link}$	=	4523.9	4523.9	mm ²	armatura minima a taglio
A_{sw}	=	12489.1	11934.9	mm ²	armatura di progetto
σ_s	=	325.58	226.10	MPa	tensione di trazione staffe
FS	=	1.20	1.73		

6.1 VERIFICA BAGGIOLI

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



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

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

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

in cui:

N = carico concentrato all'appoggio

b = larghezza del baggiolo

b_0 = larghezza dell'appoggio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 56 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

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	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	18.00	18.00	MPa	resist a compr per nodi compressi

Mensola

F_{Ed}	=	D3	D2		
	=	13267	8513	kN	azione verticale di calcolo appoggio
H_{Ed}	=	288	468	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

Geometria

b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
b_2	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_{3,max}$	=	300	300	mm	altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza)
b_0	=	950	950	mm	larghezza appoggio
c	=	30	30	mm	copriferro
d	=	1070	1070	mm	altezza utile
z	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
x_1	=	14.6	23.6	mm	larghezza biella compressa
y_1	=	214.0	214.0	mm	altezza biella compressa
a	=	307.3	311.8	mm	
α	=	0.34	0.35	rad	

Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

C	=	306	498	kN	risultante di compressione
T	=	104	171	kN	risultante di trazione
σ_c	=	0.65	1.06	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	27.66	17.01		
n	=	6	6		numero ferri superiore
\varnothing	=	14	14	mm	diametro armatura superiore
A_s	=	923.6	923.6	mm ²	area armatura superiore
σ_s	=	112.09	184.65	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	3.49	2.12		

Verifiche a fenditura (armatura verticale)

T	=	548	352	kN	risultante forza di taglio
A_s	=	1401.0	1401.0	mm ²	armatura necessaria
n_{str}	=	2	2		numero strati
n_{br}	=	8	8		numero bracci x strato
\varnothing_w	=	14	14	mm	diametro staffe
A_{sw}	=	2463.0	2463.0	mm ²	armatura di progetto
FS	=	1.76	1.76		

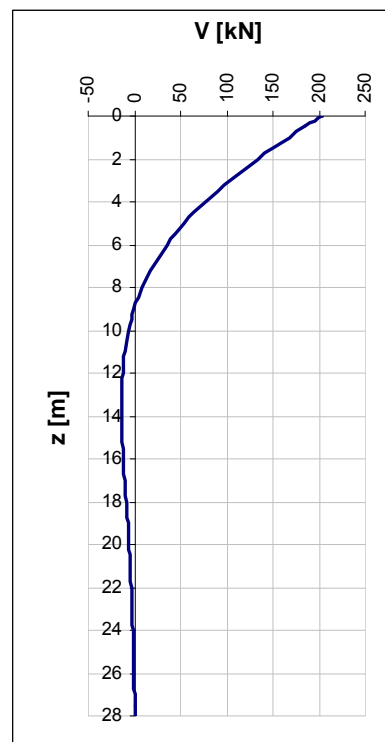
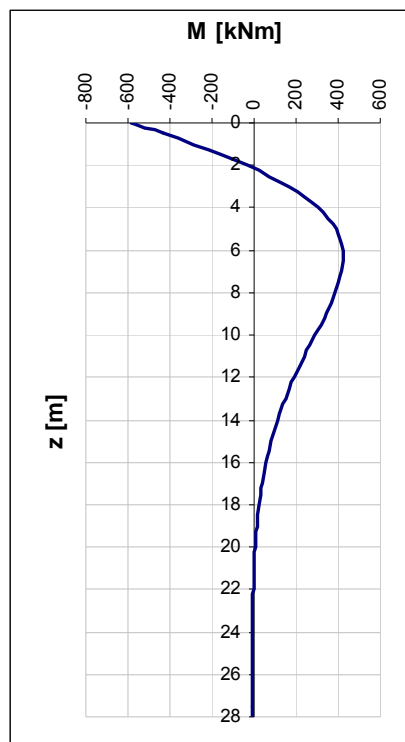
7 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE

7.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

Le verifiche strutturali sono condotte sul palo più sollecitato della carreggiata sinistra. Nel seguito si riportano i calcoli eseguiti per la determinazione dei momenti massimi e gli andamenti delle sollecitazioni taglianti e flettenti del palo più caricato.

E	=	31476 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1500 mm	diametro palo
J	=	0.2485 m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	2.25 m	larghezza efficace del palo
E _s	=	29250 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L ₀	=	5.72 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	203.0 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	580.5 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	1.21 mm	spostamento massimo in testa
			profondità di calcolo momento flettente
z ₂	=	6.00 m	
M(z ₂)	=	421.3 kNm	momento flettente alla profondità z
			profondità di calcolo momento flettente
z ₃	=	18.00 m	
M(z ₃)	=	24.6 kNm	momento flettente alla profondità z



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 58 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

La verifica di resistenza è condotta sul palo più sollecitato della carreggiata sinistra. Il momento ultimo, calcolato con il programma VcaSLU, è determinato in funzione della minima azione normale associata. Si riporta nel seguito la tabella riassuntiva delle verifiche svolte:

	Z _{in}	Z _{in}	c'	Φ	n	s	M _{Ed}	N _{Ed}	M _{res}	
	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
gabbia n.1	-1.1	10.9	5	22	16	27.5	580.5	2780.0	2921.0	OK
gabbia n.2	9.9	21.9	5	22	16	27.5	421.3	2780.0	2921.0	OK
gabbia n.3	20.9	28	5	22	16	27.5	24.6	2780.0	2921.0	OK

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

- Sezione circolare cava:** Raggio esterno: 75 [cm], Raggio interno: [] [cm], N° barre uguali: 16, Diametro barre: 2.2 [cm], Coprifero (baric.): 5 [cm].
- Sollecitazioni:** Metodo n, N_{Ed}: 2780 [kN], M_{xEd}: 0 [kNm], M_{yEd}: 0 [kNm].
- Materiali:** B450C (ε_{su}: 67.5 ‰, f_{yd}: 391.3 N/mm², E_s: 200'000 N/mm², ε_s/E_c: 15, ε_{syd}: 1.957 ‰, σ_{s,adm}: 255 N/mm²), C25/30 (ε_{c2}: 2 ‰, ε_{cu}: 3.5, f_{cd}: 14.17, f_{cc}/f_{cd}: 0.8, σ_{c,adm}: 9.75, τ_{co}: 0.6, τ_{c1}: 1.829).
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+, Tipo flessione: Retta.
- Parametri di rottura:** σ_c: -14.17 N/mm², σ_s: 391.3 N/mm², ε_c: 3.5 ‰, ε_s: 10.01 ‰, d: 145 cm, x: 37.56, x/d: 0.259, δ: 0.7638.

I pali della carreggiata sinistra del viadotto in esame sono armati con 16Ø22, ovvero il minimo di normativa richiesto. Le verifiche risultano 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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 59 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

7.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

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

in cui:

V_{Ed} : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

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

D : diametro della sezione

d : altezza utile della sezione

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

A_{sw} : area dell'armatura trasversale

s : interasse tra due armature trasversali consecutive

α_c : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

Nel seguito si riportano i calcoli effettuati:

Sollecitazioni

V = **203.0** kN taglio di calcolo
N = **2780.0** kN sforzo assiale di calcolo

Geometria

D = **1500** mm diametro sezione
d = **1450** mm altezza utile
d_e = **1123** mm altezza utile equivalente
b_{we} = **1350** mm base equivalente

Materiali

R_{ck} = **30** resistenza caratteristica cubica
f_{ck} = **25** 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} = **14.17** MPa resistenza di calcolo a compressione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 60 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

f_{cd}	=	7.08	resistenza ridotta
γ_s	=	1.15	MPa coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.00	MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.30	MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\varnothing_w	=	10	mm	di diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	300	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n_{br}	=	2		numero bracci
A_{sw}	=	157.08	mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg ϑ	=	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ_{cp}	=	1.573	MPa	tensione media di compressione nella sezione
α_c	=	1.11		coefficiente maggiorativo per la presenza di sforzo assiale
V_{Rsd}	=	517.7	kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	3702.8	kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	517.7		resistenza a taglio
FS	=	2.55		

Le verifiche a taglio sono soddisfatte disponendo delle armature a taglio a spirale $\varnothing 10/30$.

7.1.3 S.L.E. – Fessurazione

La verifica a fessurazione prescritta al §4.1.2.2.4 dell'NTC08 è condotta per la combinazione di carico frequente e per la combinazione di carico quasi permanente. Le combinazioni di carico sono considerate in corrispondenza del palo più sollecitato della carreggiata DX del viadotto in esame. Per la verifica a fessurazione sono state considerate:

- Condizioni ambientali ordinarie;
- Armature poco sensibili.

Le sollecitazioni più gravose per le combinazioni di carico sono:

	=	combinazione			
		Freq	QP		
L0	=	5.72	5.72	m	lunghezza elastica del palo
N	=	3010	4028	kN	sforzo assiale
V	=	30	19	kN	taglio alla testa del palo
M_{max}	=	86	54	kN*m	massimo momento flettente

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

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

Titolo: San Filippo Neri - Pali - Frequente

Sezione circolare cava

Raggio esterno 75 [cm]
 Raggio interno [cm]
 N° barre uguali 16
 Diametro barre 2.2 [cm]
 Copriferro (baric.) 5 [cm]

N° barre 0 Zoom

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 2780 3010 kN
 M_{xEd} 0 96 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

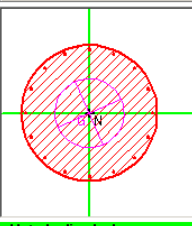
Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

σ_c -1.863 N/mm²
 ϵ_s -0.105 ‰

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 0
 Precompresso



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

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

Titolo: San Filippo Neri - Pali - Quasi permanente

Sezione circolare cava

Raggio esterno 75 [cm]
 Raggio interno [cm]
 N° barre uguali 16
 Diametro barre 2.2 [cm]
 Copriferro (baric.) 5 [cm]

N° barre 0 Zoom

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 2780 4028 kN
 M_{xEd} 0 54 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

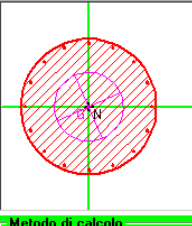
Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

σ_c -2.323 N/mm²
 ϵ_s -0.1524 ‰

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 0
 Precompresso



La sezione di calcolo del palo risulta essere sempre compressa. Per tale motivo non si procede al calcolo dell'apertura delle fessure. A conferma di quanto detto si riportano le schermate di VcaSLU con le combinazioni analizzate.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 62 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

7.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ in combinazione caratteristica e $0,40 f_{ck}$ in combinazione quasi permanente; per l'acciaio: $0,80 f_{yk}$ in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione. Le analisi sono state condotte sul palo più sollecitato.

Materiali

Rck	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	25	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{yk}	=	450.0	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

combinazione
rara1 qp1

Sollecitazioni agenti

L0	=	5.72	5.72	m	lunghezza elastica del palo
N	=	2752	4028	kN	sforzo assiale
V	=	71	19	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	203	54	kN*m	massimo momento flettente

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$\sigma_{c,max}$	=	15.00	11.25	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	2.05	2.32	[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
$\sigma_{s,Sd}$	=	0.00	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 63 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

7.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

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

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
peso secco γ_d (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
coesione non dren. c_u ¹ (kPa)	50	250	250
coesione dren. c' (kPa)	15	19	25
angolo attrito ϕ' (°)	19	23	22

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

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con 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 di seguito:

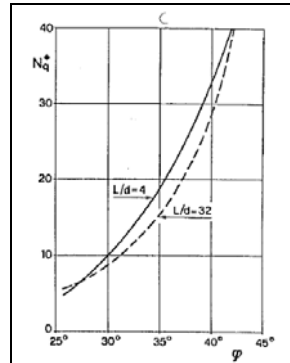
c_u (kPa)	α (-)
<25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
≥ 75	0.4

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

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al 25% del diametro del palo) considerando N_q i valori desunti dal grafico riportato in figura. Riguardo N_c , si è assunto in condizioni non drenate $N_c = 9$ e in condizioni drenate N_c è stato determinato con la relazione:

¹Con riferimento alle raccomandazioni AGI per pali trivellati in terreni coesivi, la coesione non drenata c_u è stata limitata superiormente a 250 kPa affinché l'adesione $s_{lim,u} \leq 100$ kPa.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 64 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc



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

In tabella si riportano ora i valori dei coefficienti N_c ed N_q adottati per i diverse unità geotecniche.

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

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

Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto ogni opera.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 1 - CARR. DX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRBa_2a	10	0	10
2° strato	TRBa_2b	35	10	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Pila 2 - CARR. DX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRBa_1	1	0	1
2° strato	TRBa_2a	9	1	10
3° strato	TRBa_2b	35	10	45

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 65 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

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

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

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

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.

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

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione ζ 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 ζ_3 . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è 4.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\zeta_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\zeta_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ζ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ζ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 66 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite		check dr	check ud
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u		
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN		
Pila1	7883.892188	5112	1.5	6	28	261.47	9361.17	9861.91	ok	ok
Pila2	8035.418046	5298	1.5	6	28	268.86	9287.32	9700.67	ok	ok

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

Il calcolo del carico limite orizzontale dei pali viene effettuato secondo il metodo proposto da Broms per terreni coesivi. Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo del carico limite trasversale del palo.

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

$$\begin{aligned}
D &= 1.50 \text{ m} && \text{diametro palo} \\
L &= 28.00 \text{ m} && \text{lunghezza palo} \\
M_y &= 2350.0 \text{ kNm} && \text{momento di plasticizzazione del palo} \\
c_u &= 250.0 \text{ kPa} && \text{coesione non drenata}
\end{aligned}$$

palo corto

$$\begin{aligned}
Q_{lim,1} &= 86906.3 \text{ kN} && \text{carico limite per palo corto} \\
M_{max} &= 1314457 \text{ kNm} && \text{momento massimo}
\end{aligned}$$

palo intermedio

$$\begin{aligned}
Q_{lim,2} &= 32098.5 \text{ kN} && \text{carico limite per palo intermedio} \\
f &= 9.5 \text{ m} \\
M_{max} &= 222510.5 \text{ kNm} && \text{momento massimo}
\end{aligned}$$

palo lungo

$$\begin{aligned}
Q_{lim,3} &= 1860.9 \text{ kN} && \text{carico limite per palo lungo} \\
MR &= \text{PALO LUNGO} && \text{meccanismo di rottura} \\
Q_{lim,m} &= 1860.9 \text{ kN} && \text{carico limite (valore medio)} \\
\xi_3 &= 4.00 && \text{fattore di correlazione} \\
Q_{lim,k} &= 465.2 \text{ kN} && \text{carico limite (valore caratteristico)} \\
\gamma_T &= 1.30 && \text{coefficiente parziale} \\
Q_{lim,d} &= 357.9 \text{ kN} && \text{carico limite (valore di progetto)} \\
F_h &= 203.0 \text{ kN} && \text{azione trasversale testa palo} \\
FS &= 1.76
\end{aligned}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 67 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

8 DISPOSITIVI ANTISISMICI

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

V	10980	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F _{zd}	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K _e	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	2814	kN/mm	rigidezza verticale
d	0.300	m	massimo spostamento dell'isolatore
D _g	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	1049	kg	peso dell'isolatore

A partire dal modello di calcolo globale della carreggiata sinistra (che risulta quella dimensionante per via delle luci maggiori) sono state determinate le massime azioni verticali in fase di sisma (S.L.C.) e statica (S.L.U.) sui singoli isolatori per verificarne la loro portanza.

Azioni trasmesse dall'impalcato								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	pila
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D2	G1+G2	0	0	5930	0	0	0	
D2	E2	7	0	140	0	0	0	
D2	E3	27	0	73	0	0	0	
D2	Q1	0	1	3678	0	0	0	
D2	Q5	0	306	72	0	0	0	
D2	Q7	59	0	0	0	0	0	P01
S2	G1+G2	0	0	5930	0	0	0	
S2	E2	7	0	140	0	0	0	
S2	E3	27	0	73	0	0	0	
S2	Q1	0	1	3148	0	0	0	
S2	Q5	0	306	68	0	0	0	
S2	Q7	59	0	0	0	0	0	
D3	G1+G2	0	0	5930	0	0	0	
D3	E2	7	0	140	0	0	0	
D3	E3	26	0	88	0	0	0	
D3	Q1	0	1	3676	0	0	0	
D3	Q5	0	306	74	0	0	0	
D3	Q7	59	0	0	0	0	0	P02
S3	G1+G2	0	0	5930	0	0	0	
S3	E2	7	0	140	0	0	0	
S3	E3	26	0	88	0	0	0	
S3	Q1	0	1	3147	0	0	0	
S3	Q5	0	306	66	0	0	0	
S3	Q7	59	0	0	0	0	0	

Azione sismica (SLC3)								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	pila
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D2	Q6	110	51	167	0	0	0	P01
S2	Q6	110	51	167	0	0	0	
D3	Q6	108	51	168	0	0	0	P02
S3	Q6	108	51	168	0	0	0	

Azioni totali sugli appoggi (Combinazione sismica SLC, max Fz)								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	pila
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D2	E	166	51	6200	0	0	0	P01
S2	E	166	51	6200	0	0	0	
D3	E	164	51	6194	0	0	0	P02
S3	E	164	51	6194	0	0	0	
				6200				

Azioni totali sugli appoggi (Combinazione fondamentale)								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	pila
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D2	SLU	81	277	13151	0	0	0	P01
S2	SLU	81	277	12433	0	0	0	
D3	SLU	81	277	13140	0	0	0	P02
S3	SLU	81	277	12418	0	0	0	
				13151				

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 68 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

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

	SLC					
	D2	S2	D3	S3		
$d_{Q6,x}$	0.1209	0.1209	0.1190	0.1190	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
$d_{Q6,y}$	0.0562	0.0562	0.0559	0.0559	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
$d_{E2,x}$	0.0023	0.0023	0.0022	0.0022	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.0088	0.0088	0.0087	0.0087	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{E,tot}$	0.1394	0.1394	0.1375	0.1375	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato
	SLU					
$d_{E2,x}$	0.0023	0.0023	0.0022	0.0022	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.0088	0.0088	0.0087	0.0087	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{Q1,y}$	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
$d_{Q5,y}$	0.1011	0.1011	0.1009	0.1009	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al vento
$d_{E,tot}$	0.0922	0.0922	0.0921	0.0921	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 139.0 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di Calcolo Pile Carr. DX
	Pagina 69 di 69
	Nome file:VI05-C-CL005-B.00_relazione_calcolo_pile_DX.doc

9 ANALISI DEL PLINTO DI FONDAZIONE

Il plinto, per entrambe le carreggiate, 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 (Figura 9-1).
Le analisi condotte sul plinto di fondazione della carreggiata SX, essendo la geometria della fondazione costante, possono essere estese sulla carreggiata DX. Infatti, le sollecitazioni agenti sulla carreggiata DX sono inferiori rispetto a quelle della carreggiata SX. Dunque, a parità di geometria e con sollecitazioni inferiori, sulla carreggiata DX si adottano le medesime armature della carreggiata SX.

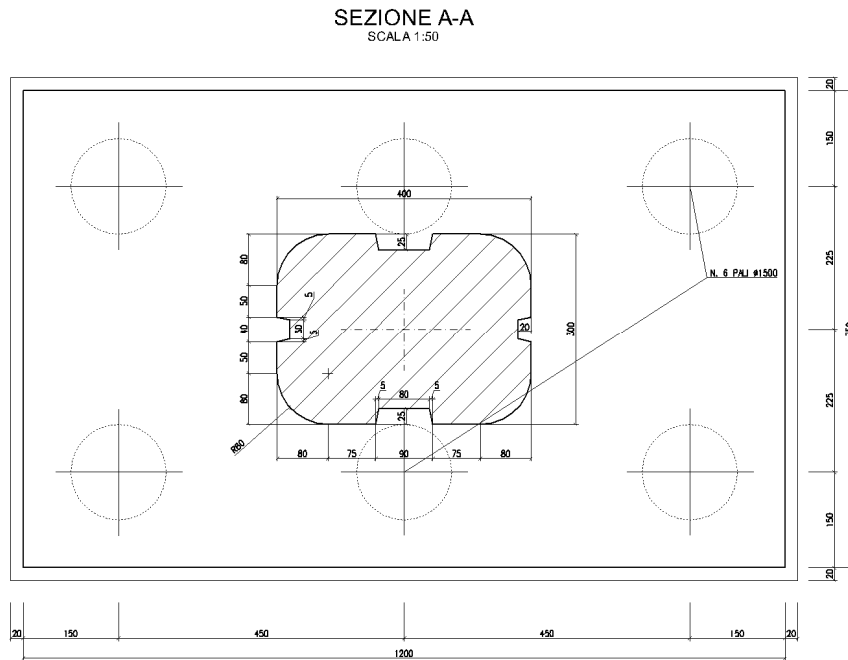


Figura 9-1 - Pianta del plinto di fondazione.