



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:
Ing. Claudio Lamberti

- PERIZIA DI VARIANTE N.1 -

BOLOGNETTA S.c.p.a.

Titolo elaborato:

OPERE DI SOSTEGNO - ASSE PRINCIPALE - Lotto 2a OS107 - Muro su pali sx dal km 24+730 al km 24+844 Relazione di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	P V	OS 107	R C 0 1	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
	PVOS107RC01_50_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE		Novembre 2015	M.Mancone S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

A.T.I. Progettisti : Capogruppo:

POLITECNICA

INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Viale Amendola, 6 - 50121 Firenze
tel 055/2001660 fax 055/2344856
e-mail poliff@politecnica.it

Mandante:

ACS ingegneri

Via Catani, 28/c - 59100 Prato
tel 0574.527864 fax 0574.568066
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile
Ing. Marcello Mancone

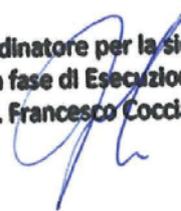


Il Geologo
dott. Pietro Accolti Gil



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Ing. Francesco Cocciante

Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di Esecuzione
Ing. Francesco Cocciante



Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori
Ing. Sandro Favero

ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **LO410C E 1101**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais

INDICE

INDICE	1
1 PREMESSA	4
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO	6
4 SIMBOLOGIA.....	6
5 MATERIALI	7
5.1 ACCIAIO	7
5.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.....	7
5.2 CALCESTRUZZO.....	7
5.2.1 Calcestruzzo per pali.....	7
5.2.2 Calcestruzzo per soletta e paramento verticale.....	7
6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	8
6.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	8
6.2 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	8
7 INDAGINI GEOTECNICHE	10
8 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
9 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI	14
9.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE.....	14
9.1.1 Caratteristiche di resistenza in termini di coesione non drenata	16
9.1.2 Caratteristiche di deformabilità.....	17
9.2 UNITA' STRATIGRAFICHE.....	18
9.3 Back analysis	20
10 ANALISI E VERIFICA DELL'OPERA DI SOSTEGNO.....	22
10.1 CARICHI	22
10.2 AZIONE SISMICA	22
10.3 APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE	23
10.3.1 Combinazioni delle Azioni.....	24
10.4 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO	24
10.5 DETERMINAZIONE DELLA SPINTA AGENTE SULL'OPERA DI SOSTEGNO	28
10.6 SINTESI DEI RISULTATI	31
10.6.1 Pali	31
10.6.1.1 Stato limite ultimo (SLU), caso statico [A1+M1+R3=1].....	31
10.6.1.2 Stato limite di esercizio (SLE) – Combinazione caratteristica (rara).....	34
10.6.1.3 Stato limite di esercizio (SLE) – Combinazione frequente.....	37

10.6.1.4	Stato limite di esercizio (SLE) – Combinazione quasi permanente	39
10.6.1.5	Stato limite ultimo, caso sismico $[A1(\gamma_F=1)+M1+R3=1]$ – SLV	41
10.6.2	Paramento verticale	47
10.6.3	Soletta di base	48
10.7	VERIFICHE STRUTTURALI (STR)	51
10.7.1	Pali	51
10.7.1.1	SLU, SLV – Pressoflessione/Tensoflessione	51
10.7.1.2	SLU, SLV – Taglio	54
10.7.1.3	SLE – Pressoflessione e fessurazione.....	55
10.7.1.4	SLE – Spostamenti.....	63
10.7.2	Paramento verticale – sezione di base di spessore 75 cm	63
10.7.2.1	SLU, SLV – Pressoflessione.....	63
10.7.2.2	SLU, SLV – Taglio	65
10.7.2.3	SLE – Pressoflessione e fessurazione.....	66
10.7.3	Paramento verticale – sezione intermedia di spessore 50 cm	69
10.7.3.1	SLU, SLV – Pressoflessione.....	69
10.7.3.2	SLU, SLV – Taglio	70
10.7.3.3	SLE – Pressoflessione e fessurazione.....	71
10.7.4	Soletta	74
10.7.4.1	SLU, SLV –Flessione	74
10.7.4.2	SLU, SLV – Taglio	75
10.7.4.3	SLE – Flessione e fessurazione	76
10.8	VERIFICHE GEOTECNICHE (GEO).....	80
10.8.1	Capacità portante del palo singolo soggetto a carichi assiali.....	80
10.8.1.1	Criteri di calcolo	80
10.8.1.2	Stratigrafia e parametri di calcolo	82
10.8.1.3	Calcolo della capacità portante a compressione.....	82
10.8.1.4	Calcolo della capacità portante a trazione	83
10.8.2	Verifica della resistenza dei pali soggetti a carichi trasversali	83
10.9	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	85
10.9.1	Modello di calcolo, Combinazioni e Condizioni di analisi	85
10.9.2	Parametri geotecnici	86
10.9.3	Risultati delle verifiche	86
11	APPENDICE 1: ELABORATI DI CALCOLO DEL PROGRAMMA GROUP.....	89
12	APPENDICE 2: REPORT DI CALCOLO VERIFICHE DI STABILITÀ.....	116

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

12.1	REPORT VERIFICA DI Figura 15	116
12.2	REPORT VERIFICA DI Figura 21	119
12.3	REPORT VERIFICA DI Figura 22	124
12.4	REPORT VERIFICA DI Figura 23	128
12.5	REPORT VERIFICA DI Figura 24	132

1 PREMESSA

La presente relazione prende in esame il consolidamento dell'attuale S.S. n°121 tra il Km 24737+000 ed il Km 24837+100, tratto di rilevato che unisce i viadotti Pecoraro 1 e Pecoraro 2 interessato da fessurazioni della pavimentazione stradale e da un anomalo cedimento del piano viabile.

Le prime avvisaglie del cedimento si sono registrate nei mesi di febbraio e marzo 2015 quando in seguito alle anomale ed intense precipitazioni registrate nei giorni precedenti, si è rilevato un abbassamento del piano viabile della semicarreggiata, in direzione Palermo, della attuale SS. N°121. Anche attualmente i movimenti sono in evoluzione e nonostante i rifacimenti successivi del manto di usura si nota una tendenza all'apertura di fessure e l'accentuarsi dell'avvallamento del piano viario.

I sopralluoghi effettuati (vedasi la documentazione fotografica di cui alle foto 1÷4) hanno evidenziato che i movimenti hanno vecchia origine come risulta dal quadro fessurativo dello scatolare che sottopassa la viabilità che ha evidenti dissesti e dai muri di estremità che hanno subito spostamenti di diverse decine di centimetri.

In prossimità delle spalle dei due viadotti Pecorari si nota che il rilevato si sta' staccando dalla spalla (foto 4).

Il quadro dei dissesti osservati è compatibile con un problema di stabilità generale e/o locale del rilevato.



Foto 1: Abbassamento del piano viario



Foto 2: Spostamenti dei muri di estremità dello scatolare esistente

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo



Foto 3: Veduta dell'interno dello scatolare in cui si nota una evidente fessura da cui filtra acqua



Foto 4: Scalzamento della spalla del viadotto

Tenuto conto del continuo evolversi dei dissesti con particolare riferimento all'abbassamento del piano viario, si pone il problema della messa in sicurezza del tratto di rilevato fra il Viadotto Pecoraro 1 e Pecoraro 2. Si ricorda che attualmente il traffico transita sulla viabilità e che tale sede viaria è anche quella definitiva prevista dai lavori di ammodernamento.

Per la messa in sicurezza è previsto un muro su pali da realizzare a valle del rilevato esistente con la funzione di sostegno del rilevato stradale.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] L. 5.11.1971, n° 1086 – "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [2] D.M. 14.01.2008 – "Norme tecniche per le costruzioni".
- [3] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
- [4] Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici", febbraio 1998.

3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

- | | | |
|-----|--|------------------|
| [1] | Relazione geologica geomorfologica idrogeologica (PEA) | PEGERT01_31_4137 |
| [2] | Relazione geotecnica (PEA) | PEGTRT01_31_4137 |
| [3] | Relazione sismica (PEA) | PESIRT01_30_4137 |

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

- | | | |
|-----|--------------------------|---------------------|
| [4] | Relazione geologica (PV) | PVOS107RT01_40_4137 |
|-----|--------------------------|---------------------|

4 SIMBOLOGIA

La principale simbologia adottata nella descrizione dei diversi parametri geotecnici e di calcolo è riportata nel seguito:

- γ = peso di volume del terreno;
- c_u = coesione in condizioni non drenate;
- ϕ = angolo di resistenza al taglio in condizioni drenate;
- c' = coesione in condizioni drenate;
- E = modulo di deformazione.

Il pedice con il suffisso ",k" indica il valore caratteristico del parametro di resistenza al taglio considerato.

5 MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

5.1 ACCIAIO

5.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
allungamento caratteristico:	$\geq 7.5 \%$
rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento:	$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

5.2 CALCESTRUZZO

5.2.1 Calcestruzzo per pali

Classe di resistenza:	C30/37
dimensione massima dell'inerte:	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
classe di esposizione:	XA1
classe di consistenza:	S4
copriferro minimo:	$c_{r,min} \geq 60 \text{ mm}$

5.2.2 Calcestruzzo per soletta e paramento verticale

Classe di resistenza:	C30/37
dimensione massima dell'inerte:	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
classe di esposizione:	XA1
classe di consistenza:	S4
copriferro minimo:	$c_{r,min} \geq 40 \text{ mm}$

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

6.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale: $V_N = 50$ anni
- classe d'uso: IV

in base a ciò risulta:

- coefficiente d'uso: $C_U = 2.0$
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 100$ anni

6.2 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Ai fini della caratterizzazione sismica per la progettazione delle opere minori distribuite lungo il tracciato, questo è stato suddiviso in tratti di 5 km caratterizzati da superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$. Ciascun tratto di 5 km è stato contraddistinto in base alle coordinate del punto baricentrico del tratto stesso.



Figura 1: Localizzazione tracciato

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Le seguenti tabelle indicano l'identificazione della zona in cui ricade l'opera in esame in relazione alle coordinate geografiche corrispondenti alle medesime progressive.

Progressive km 20+000 e km 25+000

Si riportano, nella tabella seguente, i valori di accelerazione di picco e gli altri parametri significativi degli spettri di progetto, relativamente al tratto in cui ricade l'opera in oggetto.

Progressiva	a_g [g]	F_0 [-]	T_{c^*} [s]
20+000÷25+000	0.140	2.580	0.338

Per quanto riguarda il profilo di terreno (Classe A, B, C, ...) si fa riferimento alla seguente tabella:

Progressiva	Categoria
15+300÷35+000	B

Per cui il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s risulta pari a 1.20 e l'accelerazione massima attesa al sito vale:

$$a_{max} = 1.20 \times 0.140g = 0.168 g.$$

Trattandosi di un'opera definitiva, con riferimento a quanto prescritto al p.to 2.4.1 del DM 14.01.2008, le verifiche ad azioni sismiche vengono considerate.

7 INDAGINI GEOTECNICHE

Ad integrazioni delle indagini del PEA sono state eseguite alcune prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) da parte del laboratorio PLP, Prosperezioni-Laboratorio-Prove di Salerno. Le caratteristiche dello strumento utilizzato nelle prove sono di seguito elencate mentre per quanto riguarda i certificati si rimanda all'Allegato della Relazione Geologica:

Caratteristiche tecniche-strumentali DPSH TG 63-200 PAGANI			
Peso massa battente	63,5 Kg	Prof. giunzione prima asta	0,40 m
Altezza di caduta libera	0,75 m	Avanzamento punta	0,20 m
Peso sistema di battuta	0,63 kg	Numero colpi per punta	20
Diametro punta conica	51,00 mm	Coefficiente correlazione	1,52
Area di base punta	20,43 cm ²	Peso aste a metro	6,31 kg/m
Lunghezza delle aste	1,00 m	Angolo di apertura punta	90°

Nella Figura 2 è riportata l'ubicazione delle indagini del PEA e di quelle integrative da cui risulta che per il rilevato fra i viadotti Pecoraro le prove più vicine sono la CPT-E006 (DPSH6) e la CPT-E007 (DPSH7). I Diagrammi penetrometrici relativi alle prove DPSH6 e DPSH7 sono riportati nella Figura 3 e Figura 4 da cui risulta che nei primi metri, fino a circa 2.0÷4.0 m, è presente una coltre superficiale poco consistente, poi le resistenze aumentano con la profondità.

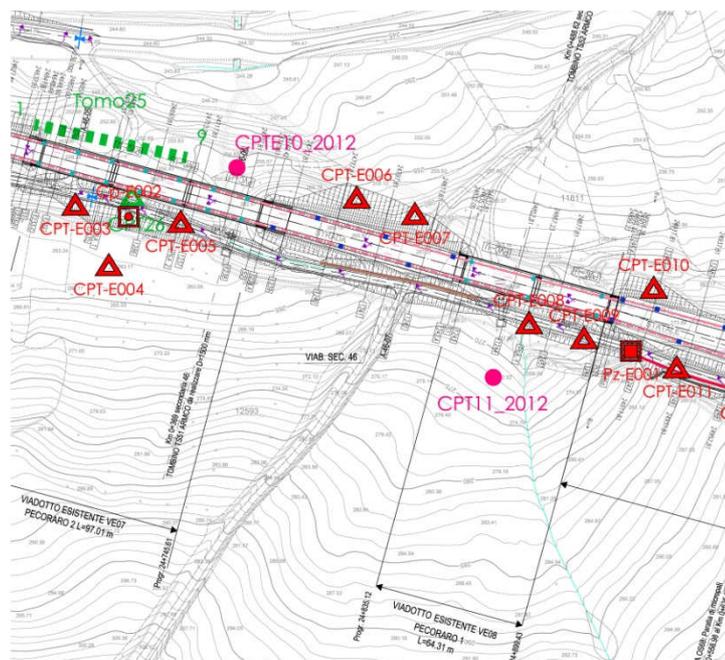


Figura 2: Planimetria con ubicazione indagini geotecniche

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

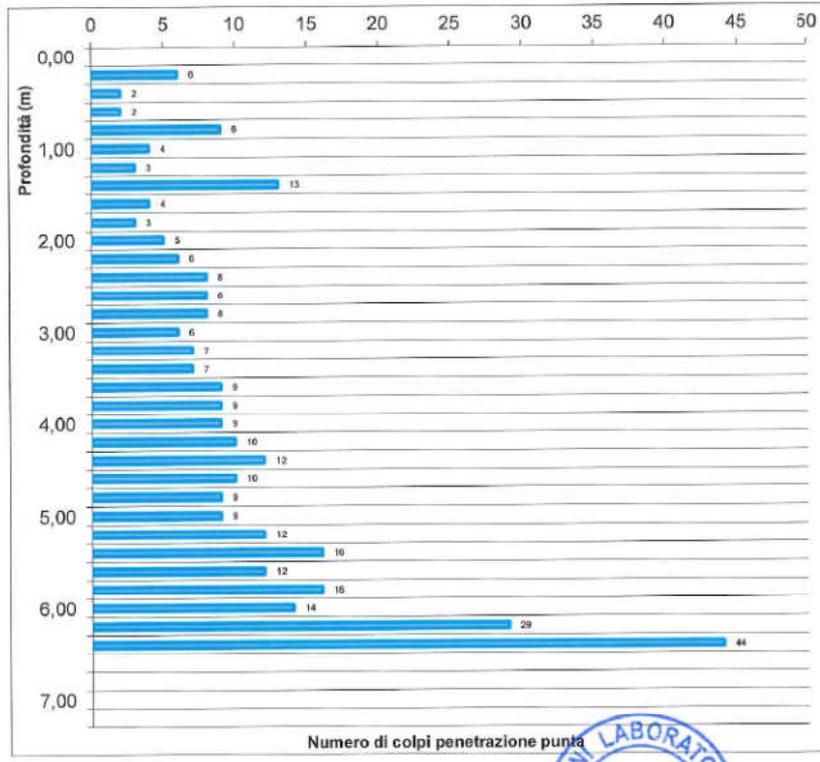


Figura 3: Prova penetrometrica DPSH6

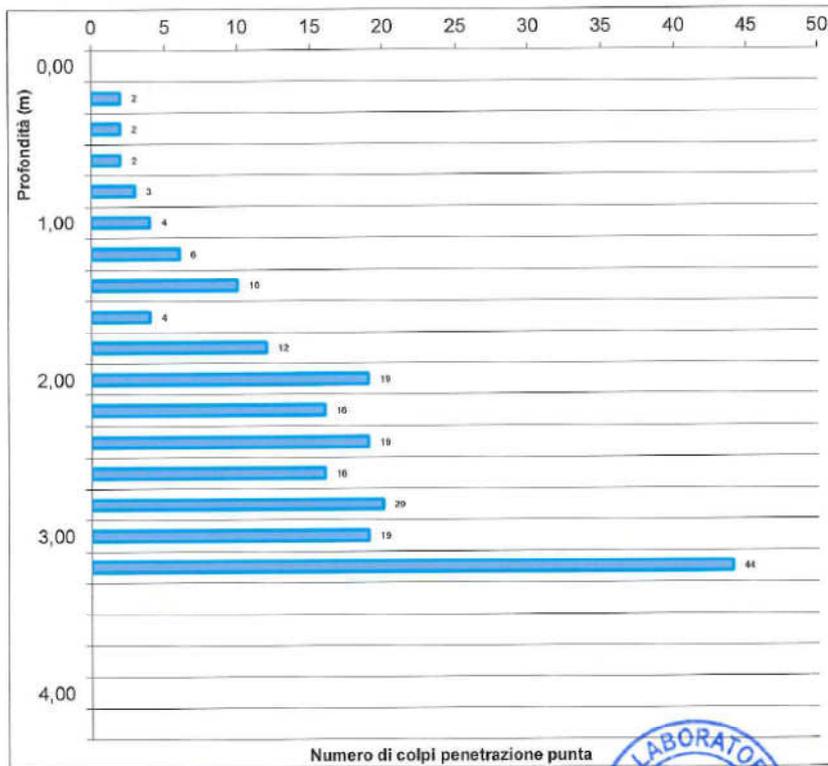


Figura 4: Prova penetrometrica DPSH7

8 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Alla luce della situazione di dissesto e del quadro geologico-geotecnico si prevede la realizzazione di un muro su pali al piede del rilevato esistente per uno sviluppo di circa 127 m (vedasi le figure seguenti e per maggiori dettagli le tavole di progetto). Sono previsti pali di diametro $\phi=1000$ mm, lunghezza 11.20 m disposti su due file ad interasse di 3.0 m in senso trasversale e di 2.0 m in senso longitudinale. I pali sono collegati da una soletta di spessore 1.0 m e larghezza 5.0 m. L'altezza del paramento verticale del muro è variabile da 1.0 m a 5.0 m ed è previsto il rinterro con materiale da rilevato.



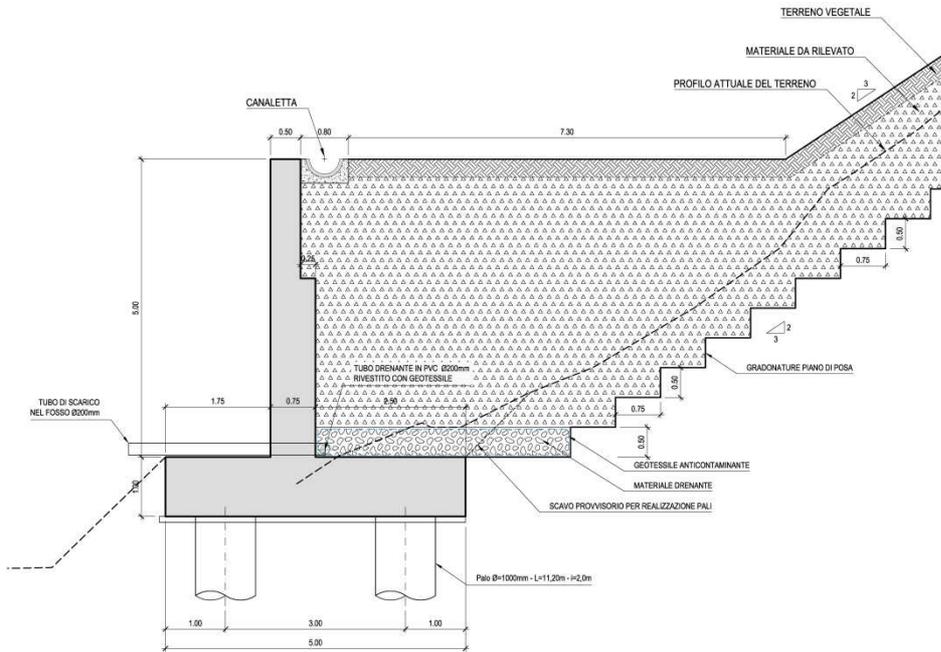
Figura 5: Planimetria dell'intervento.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

SEZIONE TIPO
CASSERATURA
SCALA 1:50



PIANTA TIPO
SCALA 1:50

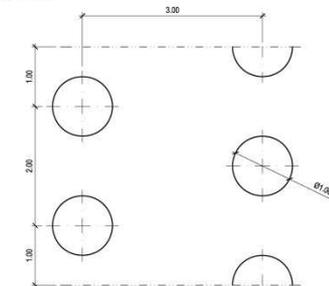


Figura 6: Sezione tipo.

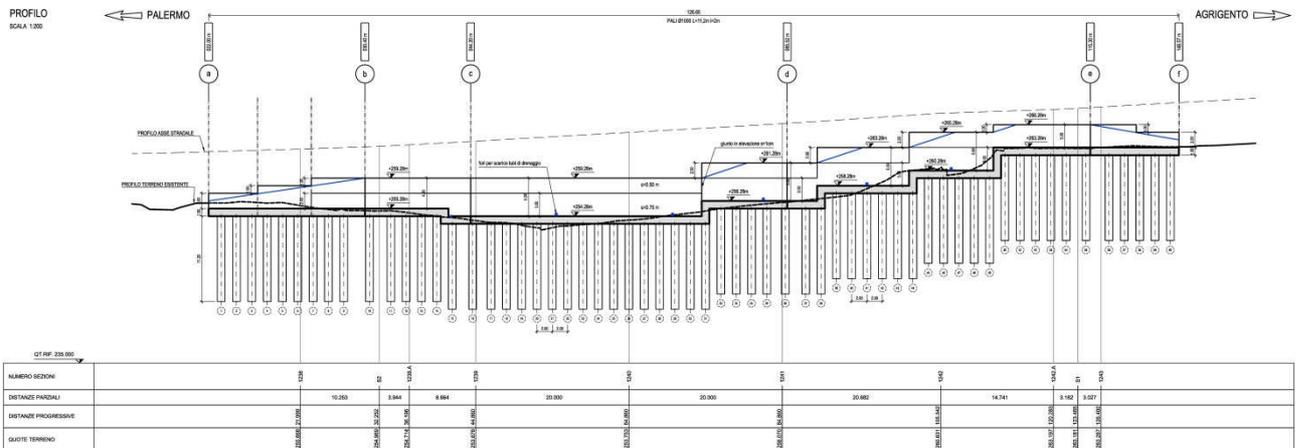


Figura 7 Profilo del muro.

9 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI

Nel seguito verranno interpretate le indagini disponibili, individuate le unità stratigrafiche e definiti i parametri geotecniche di riferimento.

9.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE

Per l'area in esame sono disponibili due prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH6 e DPSH7 (vedasi il paragrafo 7) e una prova penetrometrica statica CPT10_2012 non significativa in quanto è andata a rifiuto quasi subito.

Il coefficiente di correlazione fra il numero di colpi misurato nelle prove DPSH e il numero di colpi SPT (N_{spt}) è 1.52 così come indicato nelle caratteristiche tecniche dello strumento riportate nei certificati delle prove; i diagrammi di Figura 8 riportano gli andamenti con la profondità del numero di colpi equivalenti SPT per le due prove.

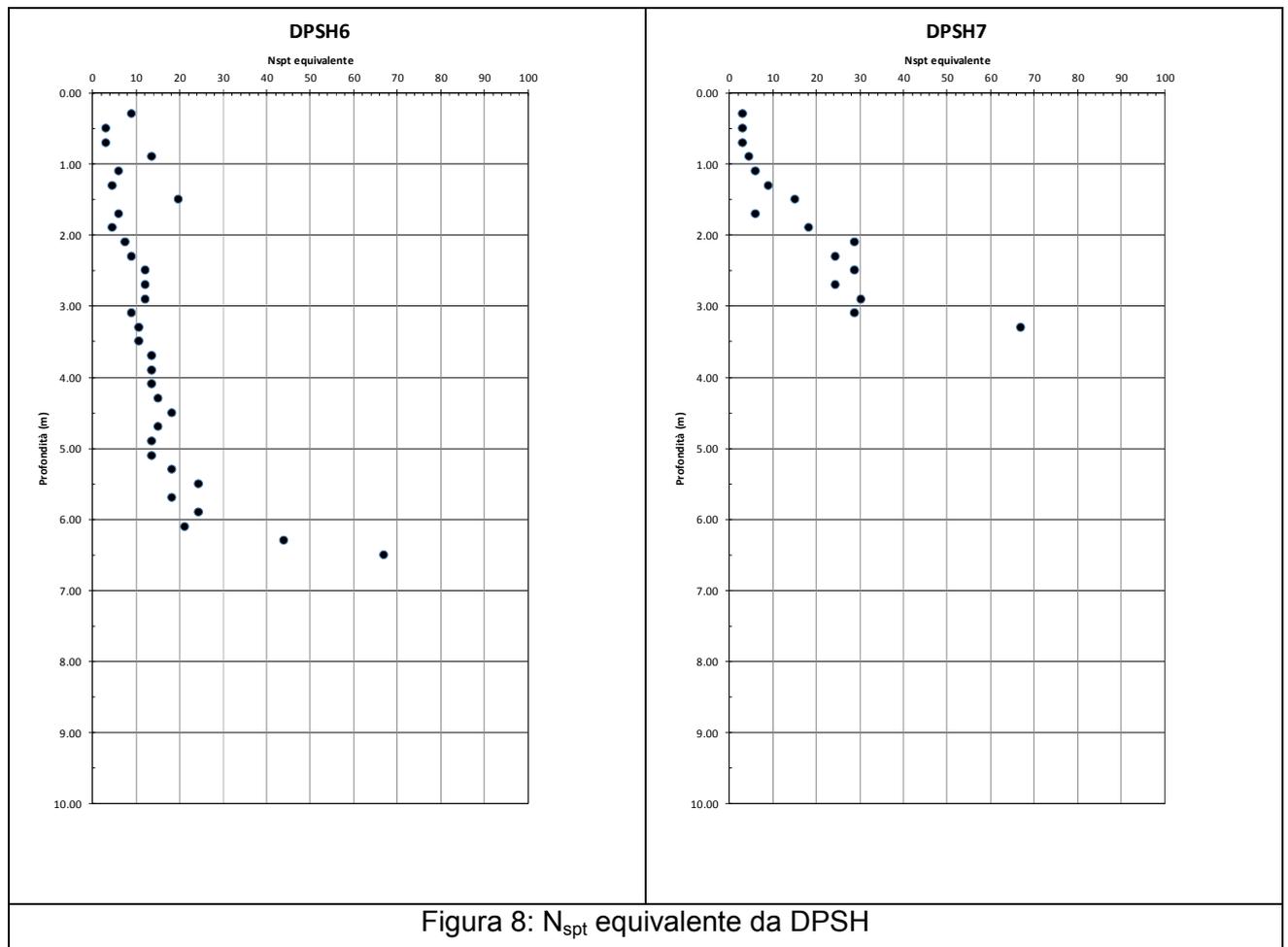
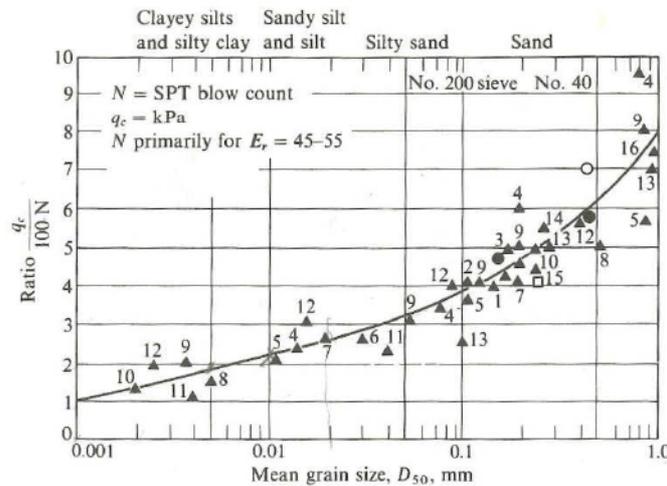


Figura 8: N_{spt} equivalente da DPSH

Utilizzando la correlazione proposta da Robertson et al. (1883) riportata nella Figura 9 è possibile passare dal numero di colpi N_{spt} alla resistenza di punta q_c . Nel caso in esame data la natura essenzialmente argillosa dei terreni si assume un coefficiente di trasformazione pari a:

$$\frac{q_c}{100 \times N_{spt}} \approx 2.$$

I diagrammi di Figura 10 riportano gli andamenti della q_c equivalente con la profondità per le due prove.



Relationship between mean grain size (D_{50}) and q_c/N ratio. Note the energy ratio E_r , on which relationship is based. [After Robertson et al. (1983) and Ismael and Jeragh (1986), reference numbers correspond to references in original sources.]

Figura 9: Correlazione fra N_{spt} e q_c

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

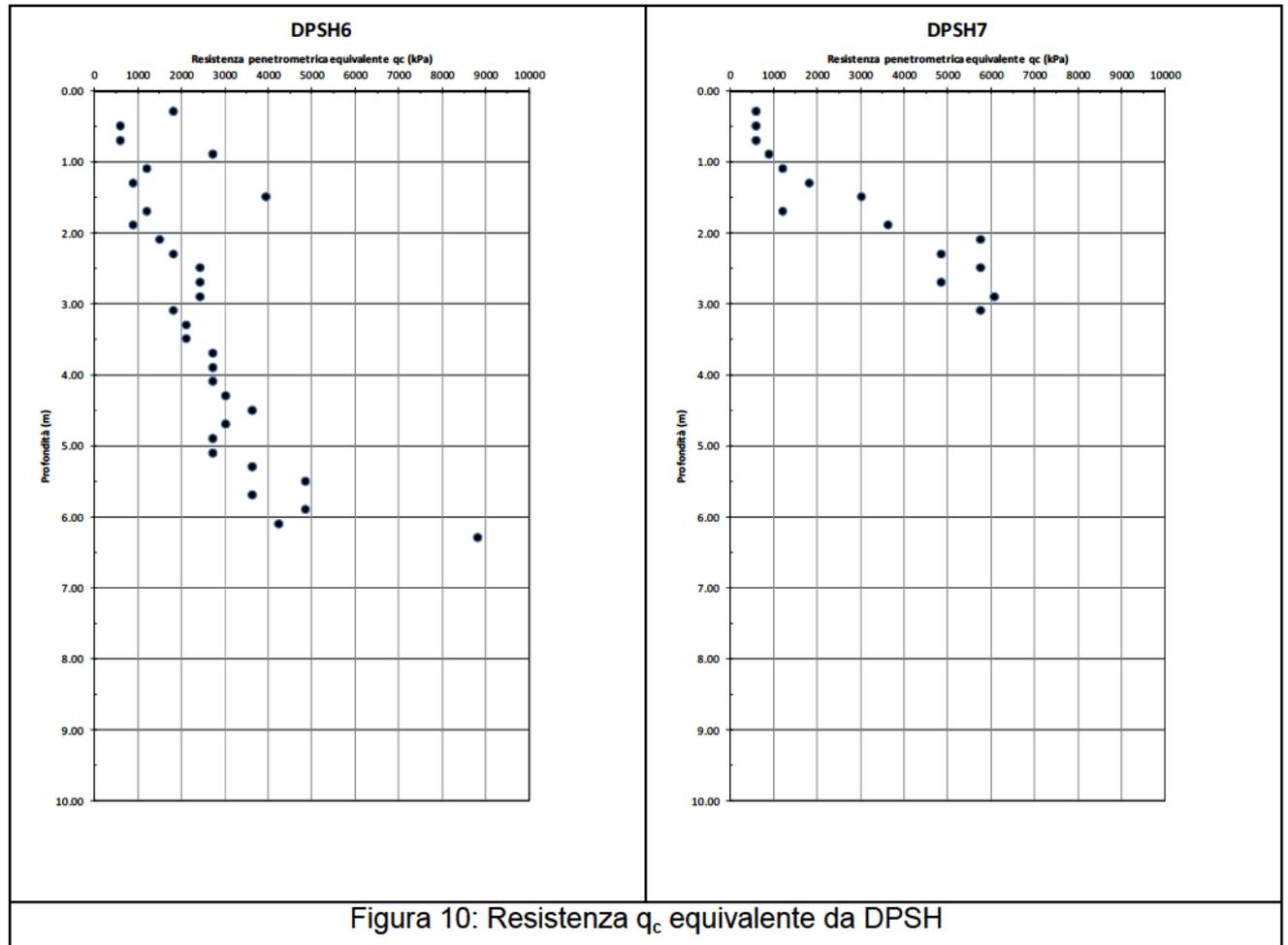


Figura 10: Resistenza q_c equivalente da DPSH

9.1.1 Caratteristiche di resistenza in termini di coesione non drenata

La resistenza a taglio non drenata è stata desunta dalle prove penetrometriche DPSH con riferimento all' N_{spt} e q_c equivalenti.

Per l' N_{spt} si è utilizzata la correlazione di Stroud (1974):

$$c_u \approx 5 N_{spt} ,$$

mentre per la q_c si è assunto:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k} ,$$

essendo:

N_k = 15 coefficiente di capacità portante;

σ_{vo} = pressione verticale totale;

q_c = resistenza alla punta.

I diagrammi di Figura 11 riportano i valori di c_u così stimati.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

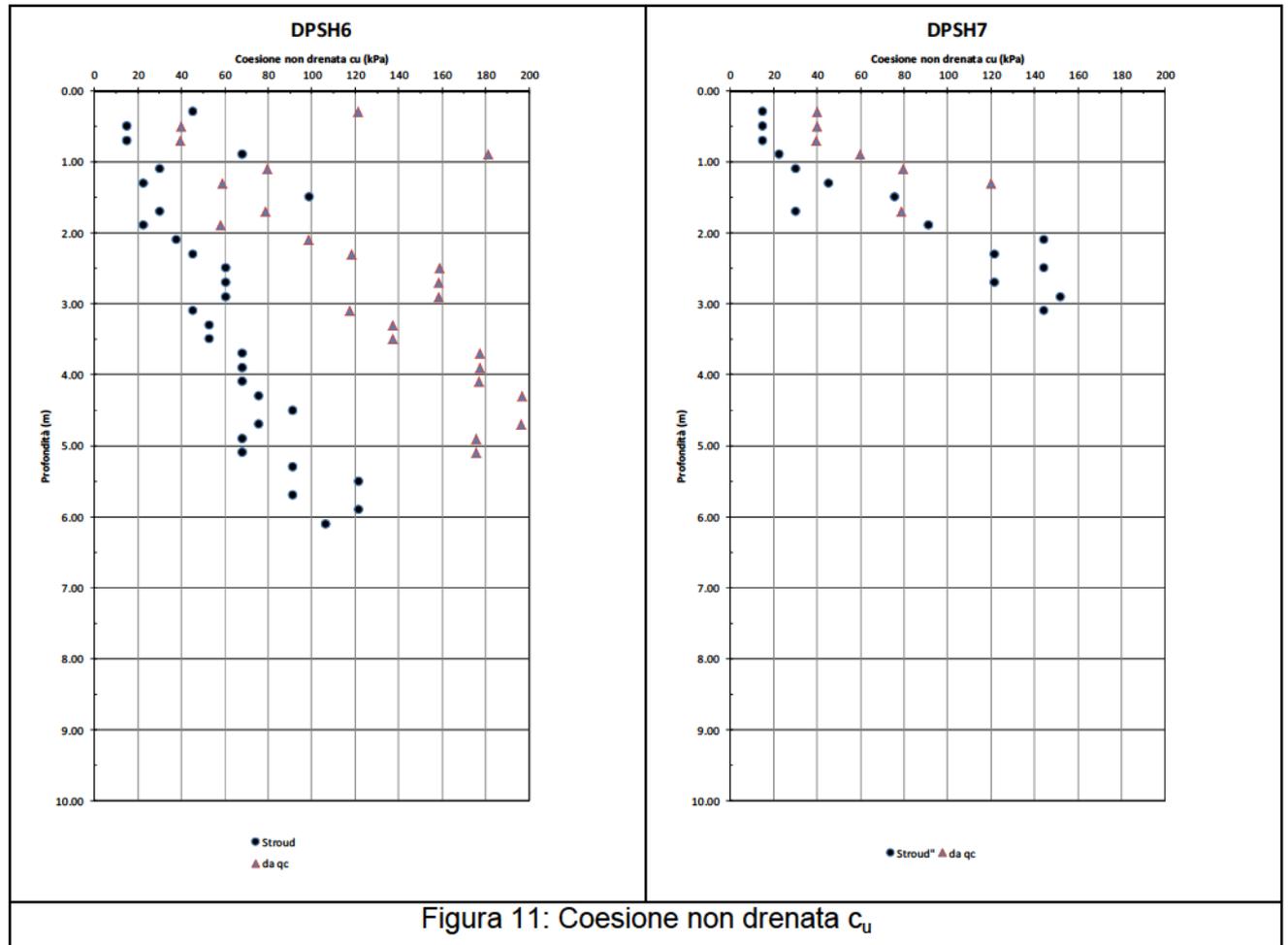


Figura 11: Coesione non drenata c_u

9.1.2 Caratteristiche di deformabilità

Con riferimento alla resistenza alla punta q_c equivalente il modulo di deformazione E è stato determinato in accordo alla correlazione di Mitchell e Gardner (1975):

$$E = \alpha \cdot q_c,$$

con:

$$\alpha = 6.$$

I diagrammi di Figura 12 riportano i valori di E così stimati.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

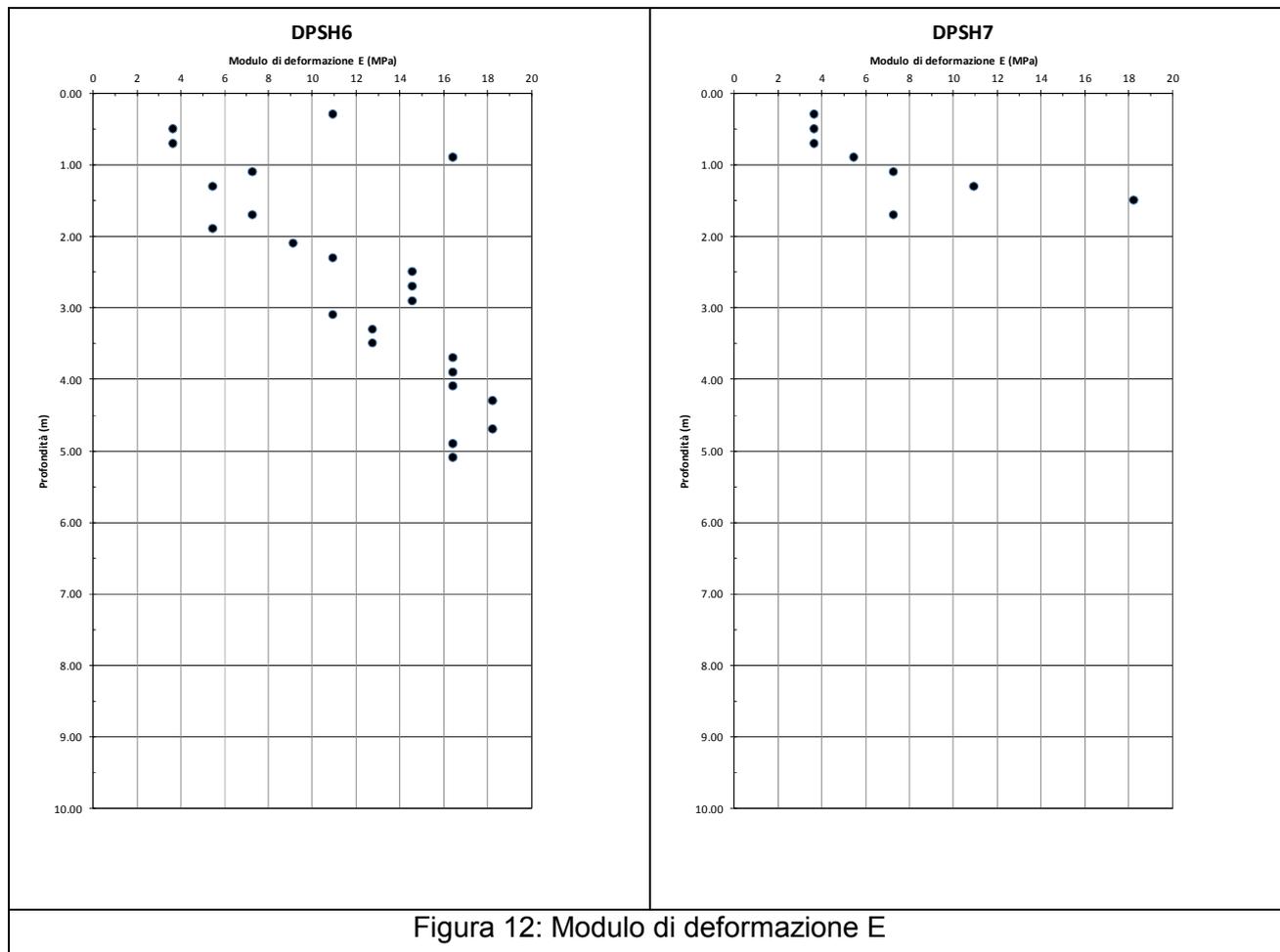


Figura 12: Modulo di deformazione E

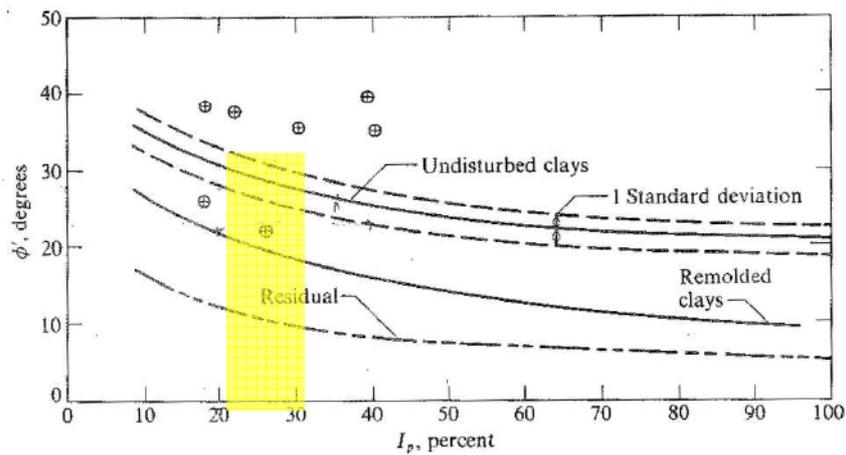
9.2 UNITA' STRATIGRAFICHE

Sulla base delle indagini eseguite si individuano le seguenti unità stratigrafiche:

- **Unità LSA(a):** coltre superficiale eluvio-colluviale poco consistente costituita prevalentemente da limi e argille. Lo spessore di questa unità è mediamente variabile da 2.0 m a 4.0 m.
- **Unità LSA:** Limi sabbiosi argillosi moderatamente consistenti con spessori di qualche metro.
- **Unità AG:** Argille limose grigie. Si tratta di argille limose grigie a struttura scagliettata con inclusi elementi lapidei, da consistenti a molto consistenti, talvolta con intercalati livelli sabbiosi e/o livelli, strati di argilliti a consistenza pseudo-litoide.

Nel caso in esame abbiamo anche la presenza del rilevato stradale (riporto antropico) costituito generalmente da limo argilloso sabbioso con ghiaie.

Nella Tabella 1 si riportano per le diverse unità i parametri geotecnici di riferimento; per l'unità LSA(a) i parametri di resistenza a taglio sono stati controllati anche mediante back analysis (vedasi il paragrafo successivo). E' da osservare che i parametri di resistenza a taglio assunti sono in linea con la correlazione proposta da Ladd et al. (1977) di cui alla Figura 12 considerando che l'indice plastico è generalmente variabile da 20 a 30 e che per l'unità LSA(a) la curva di riferimento può essere quella indicata per la "remolded clay".



Correlation between ϕ' and plasticity index I_p for normally consolidated (including marine) clays. Approximately 80 percent of data falls within one standard deviation. Only a few extreme scatter values are shown [Data from several sources: Ladd et al. (1977), Bjerrum and Simons (1960), Kanja and Wolle (1977), Olsen et al. (1986).]

Figura 13: Correlazione fra angolo di resistenza a taglio e indice plastico

Tabella 1: Parametri geotecnici.

Unità	Profondità da p.c.	γ (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	c'_k (kPa)	c_{uk} (kPa)
Rilevato nuovo	-	20	38	0	-
Rilevato esistente	-	20	35	0	-
LSA(a)	0.0÷4.0 m	20	20	0	50
LSA	4.0÷6.0 m	20	24	5	100
AG	>6.0 m	20.5	26	10	200

Per quanto riguarda la falda si assume:

- falda per back analysis: -2.0 m da p.c.; dal momento che i movimenti riscontrati sono lenti e continui nel tempo, appare lecito condurre una analisi con un livello di falda ritenuto medio per l'area in esame;
- falda di progetto: -1.0 m da p.c.

Con riferimento alla geometria della sezione 1240 [km 24+777.81] nella Figura 14 è riportata la stratigrafia di riferimento con indicazione dei possibili cinematismi di instabilità responsabili dei dissesti attuali.

SEZIONE 1240 [24+777.81]

SCALA 1:250

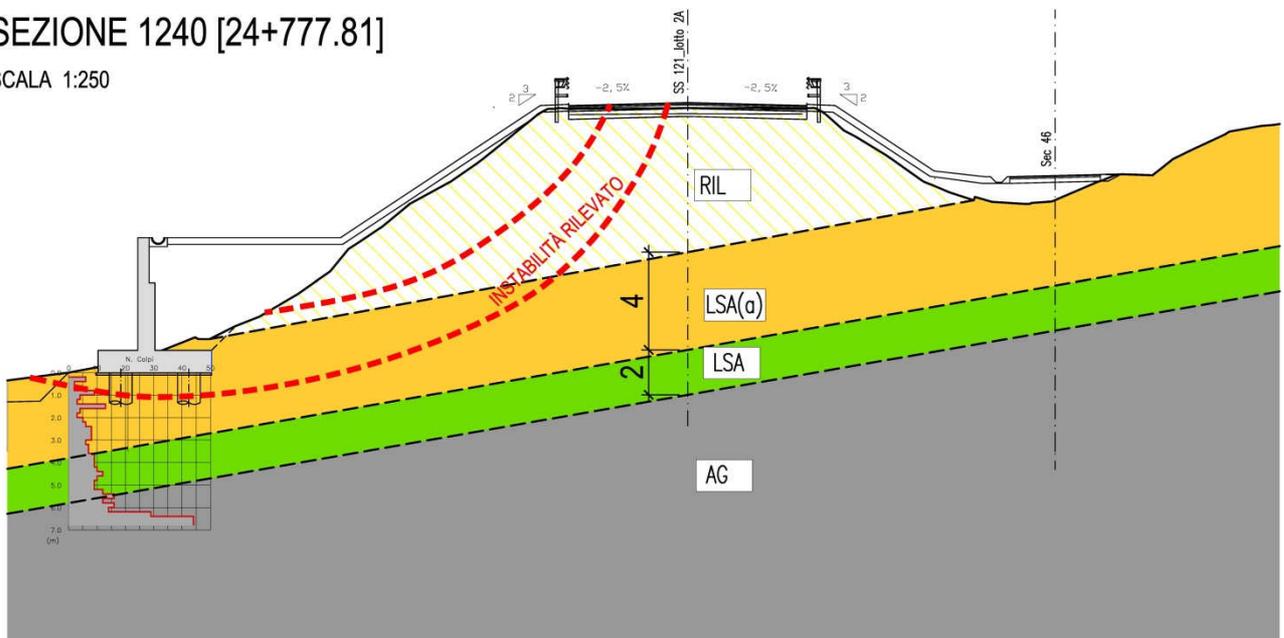


Figura 14: Sezione stratigrafica 1240.

9.3 Back analysis

A conferma dei parametri geotecnici assunti (Tabella 1), sia per il rilevato esistente che per la coltre (unità LSA(a)), è stata eseguita una analisi di stabilità all'equilibrio limite ^[1] con la falda a circa 2.0 m di profondità da p.c. da cui risulta che il fattore di sicurezza è prossimo all'unità.

¹ Per l'analisi di stabilità si è utilizzato il software SLOPE/W della Geo-Slope International.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Name: Rilevato
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °

Name: Coltre
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 20 °

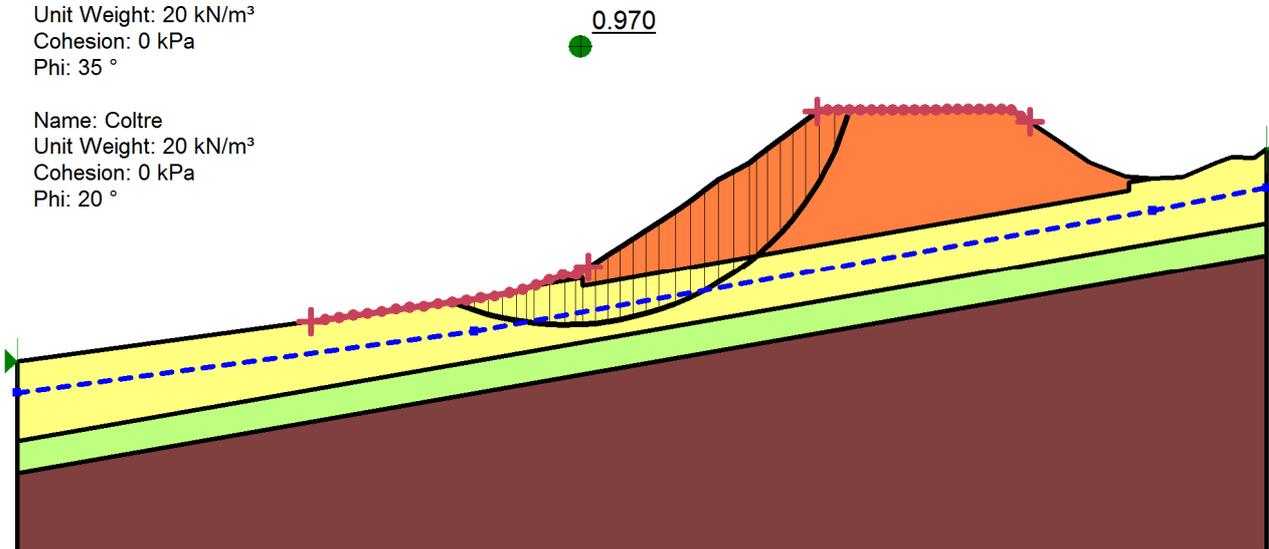


Figura 15: Back analysis sulla sezione 1240

10 ANALISI E VERIFICA DELL'OPERA DI SOSTEGNO

L'analisi è stata condotta con riferimento alla geometria della sezione 1240 (Figura 14) adottando i criteri nel seguito descritti.

I parametri geotecnici caratteristici assunti per il terreno sono riportati nella Tabella 1.

La falda di progetto relativa alla configurazione finale è stata assunta a -1.0 m da p.c..

10.1 CARICHI

Sul piano stradale è stato considerato un carico accidentale di valore caratteristico pari a 20 kPa.

La valutazione delle spinte dovute al sovraccarico è stata condotta mediante analisi all'equilibrio limite, come illustrato al paragrafo 10.4.

10.2 AZIONE SISMICA

Per l'analisi di stabilità e la determinazione della spinta sismica sul muro si sono assunti i seguenti coefficienti sismici:

- Coefficiente sismico orizzontale: $k_h = \beta \times \frac{a_{\max}}{g} = 0.24 \times 0.168 = 0.040$ ($\beta_s = \beta_m = 0.24$)
- Coefficiente sismico verticale: $k_v = \pm 0.5 \times k_h$.

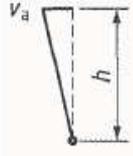
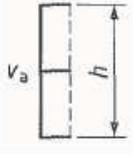
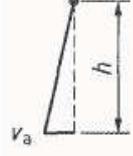
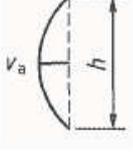
Secondo le NTC 2008, l'adozione del coefficiente $\beta_m < 1$ è possibile per muri che possono subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Per quanto concerne l'opera in esame, tale assunzione è lecita in quanto l'azione sismica suddetta determina spostamenti orizzontali della palificata tali da mobilitare il regime di spinta attiva a tergo del muro (vedasi paragrafo 10.6.1.5).

Utile riferimento per determinare l'ordine di grandezza dello spostamento necessario a mobilitare tale regime di spinta è rappresentato dall' "Eurocode 7: Geotechnical design — Part 1: General rules", "Annex C, Sample procedures to determine limit values of earth pressures on vertical walls".

La Tabella 2 che riproduce la "Table C.1" dell'Eurocodice riporta lo spostamento necessario per mobilitare la spinta attiva. Con riferimento ad un cinematismo di traslazione risulta che la spinta attiva si mobilita per uno spostamento orizzontale pari a 0.05÷0.1% l'altezza del muro.

Tabella 2: “Table C.1” - EC7-1.

Kind of wall movement		v_a/h loose soil %	v_a/h dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
where: v_a is the wall motion to mobilise active earth pressure h is the height of the wall			

10.3 APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE

Le verifiche sono state sviluppate con riferimento alle NTC 2008, adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO) l'approccio 2:

A1+M1+R3.

Le verifiche di stabilità del complesso opera di sostegno-terreno sono state condotte con l'Approccio 1, combinazione 2:

A2+M2+R2.

I coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici del terreno sono in accordo alla tab. 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II - 6.4.VI (pali) e 6.8.I (stabilità) di cui alle NTC 2008.

L'opera è verificata anche nei confronti degli stati limite di esercizio controllando che per ciascun stato limite di esercizio sia rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d,$$

dove E_d è il valore i progetto dell'effetto dell'azione e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

10.3.1 Combinazioni delle Azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite si sono considerati le seguenti combinazioni delle azioni; l'unica azione variabile adottata nelle elaborazioni è il carico stradale:

- *Combinazione fondamentale* impiegata per gli stati limite ultimi (**SLU**):

$$\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_Q \times Q_k.$$

- *Combinazione caratteristica (rara)* impiegata per gli stati limite di esercizio (**SLE**):

$$G_1 + Q_k.$$

- *Combinazione frequente* impiegata per gli stati limite di esercizio (**SLE**):

$$G_1 + \psi_{11} \times Q_k, \text{ con } \psi_{11} = 0.4.$$

- *Combinazione quasi permanente* (**SLE**):

$$G_1 + \psi_{21} \times Q_k \text{ con } \psi_{21} = 0.$$

- *Combinazione sismica* impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E (**SLV**)

$$E + G_1.$$

I coefficienti parziali γ per le azioni agli SLU sono in accordo alla tab. 6.2.I di cui alle NTC 2008; tali coefficienti sono anche esplicitati nel paragrafo 10.6.1.1.

10.4 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO

Allo stato attuale il rilevato esistente è in condizioni di equilibrio limite ovvero il fattore di sicurezza alla stabilità è prossimo all'unità (vedasi il paragrafo 9.3).

Lo scopo dell'intervento è garantire la stabilità della viabilità con i dovuti margini di sicurezza per cui la spinta sul muro è stata determinata con una analisi all'equilibrio limite nella condizione A2+M2+R2, calcolando la forza orizzontale F necessaria a garantire la stabilità.

Con tale criterio il fattore di sicurezza alla stabilità globale può essere espresso come:

$$FS = \gamma_{M2} > \gamma_{R2} = 1.25 > 1.1 = 1.375,$$

considerando le verifiche in condizioni drenate per tutti i materiali.

Tali elaborazioni sono state condotte con il software "GeoStudio 2007 – versione 7.23" – Modulo "Slope/W", a cura della Geo-Slope International (Canada), secondo il modello di calcolo riportato nella figura seguente; in tale immagine sono indicati anche i parametri geotecnici adottati, in accordo alla Tabella 1 ed il sovraccarico stradale (paragrafo 10.1) conforme all'approccio di calcolo considerato per la stabilità.

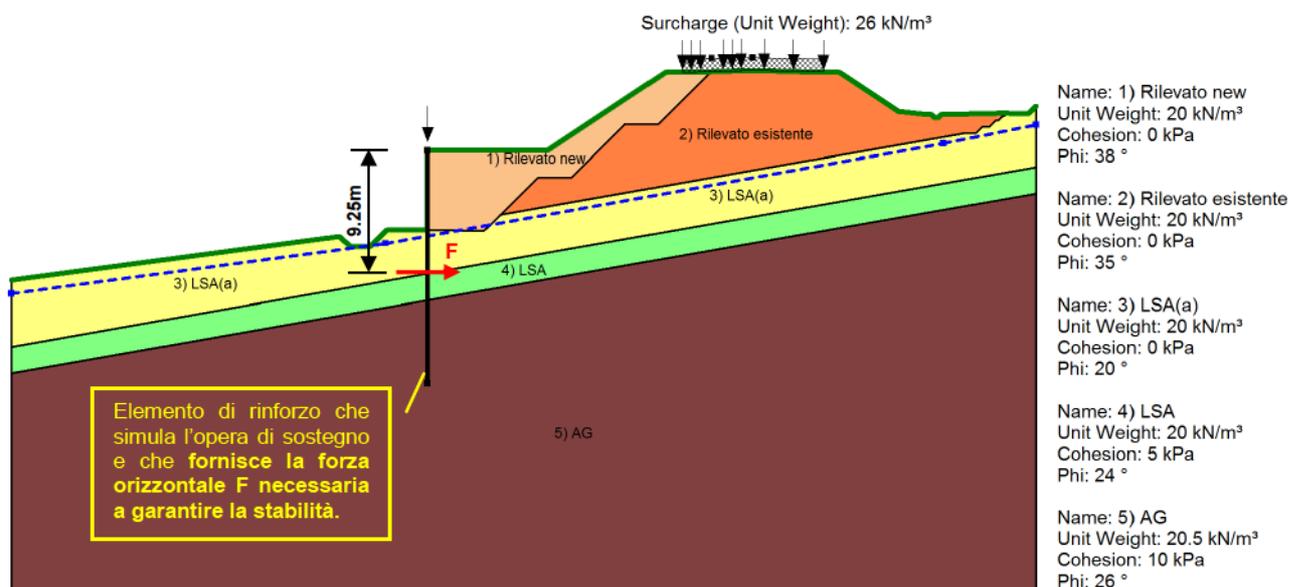


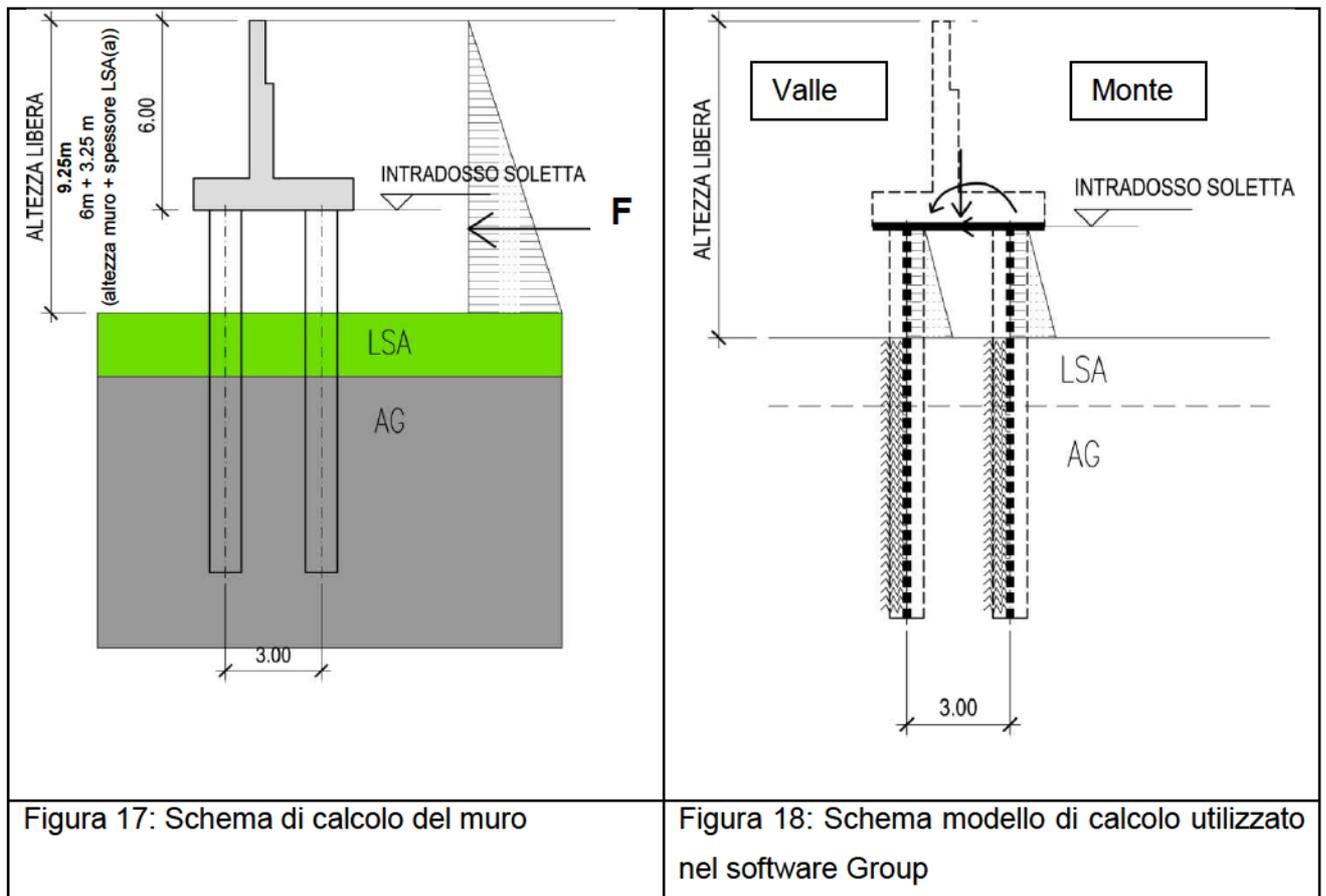
Figura 16: Modello di calcolo Slope.

La spinta sull'opera dovuta al terreno (unità LSA(a) e rilevato stradale) determinata con l'analisi all'equilibrio limite è successivamente applicata al muro su pali considerando una distribuzione triangolare sull'altezza libera a partire dalla sommità dell'unità LSA (Figura 17). Con riferimento a tale schema di calcolo sono stati analizzati gli stati limite ultimi e di esercizio di cui al paragrafo 10.3.

Per lo studio dell'interazione dell'opera con il terreno si è utilizzato il programma di calcolo Group v2014 della Ensoft; i carichi applicati al modello sono i seguenti (Figura 18):

- terna di azioni (normale, tagliante, flettente) applicata al baricentro della palificata (costituita nel caso in esame da 2 pali) ad intradosso soletta sommitale, ricavata sulla base:
 - del diagramma di spinta di risultante F per la porzione di altezza di competenza dell'insieme soletta+paramento verticale;
 - dei pesi e delle forze di inerzia di soletta, paramento verticale e terreno imbarcato;
- quota parte di diagramma di spinta di risultante F applicata direttamente sui tratti liberi di palo.

Due viste del modello Group sono riportate in Figura 19 e Figura 20.



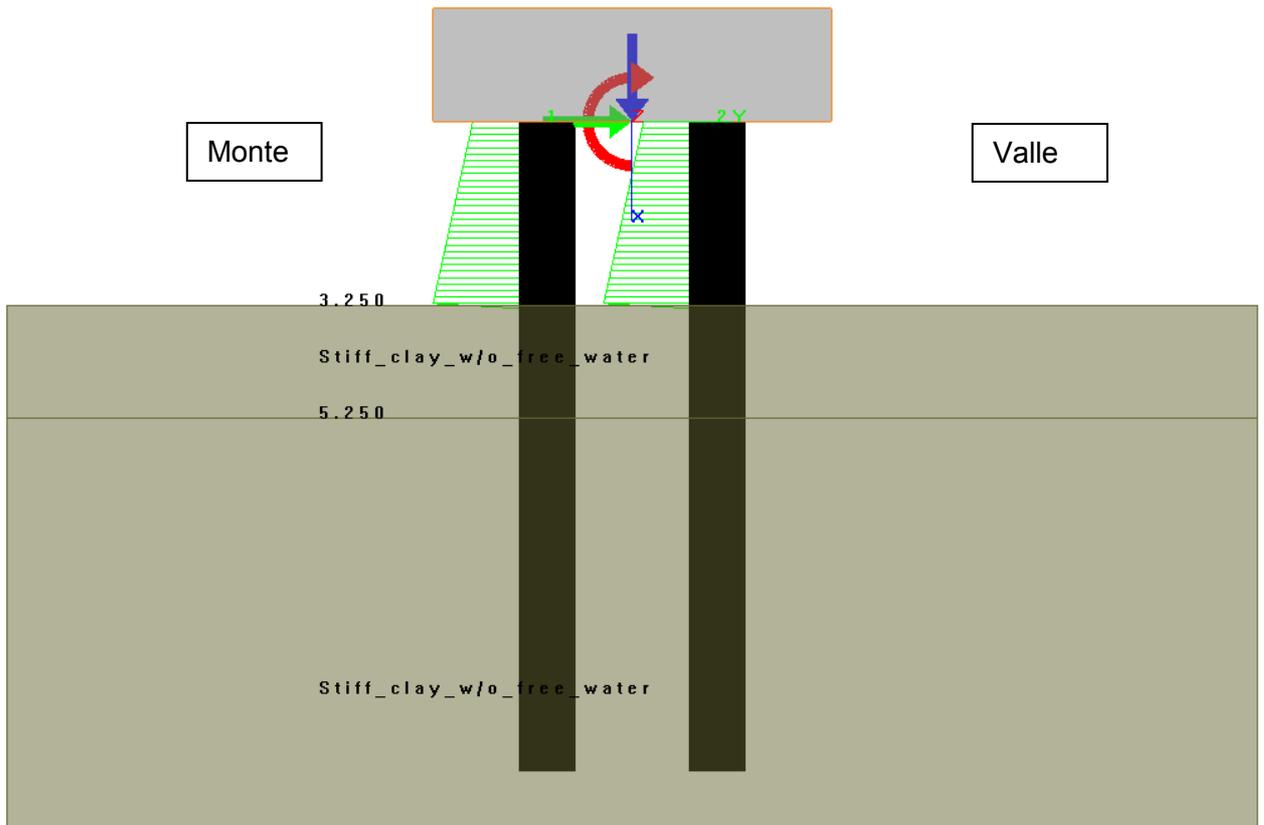
Il modello di calcolo prevede i pali fuori terra per lo spessore corrispondente all'unità geotecnica LSA(a) in quanto la reazione sul lato valle della palificata di tale unità è già considerata nell'analisi all'equilibrio limite.

Per la capacità portante nei confronti di carichi assiali ed orizzontali, invece, i pali sono considerati completamente immersi nel terreno.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo



Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)
1	Stiff Clay w/o Free Water (Reese)	3.25	5.25
2	Stiff Clay w/o Free Water (Reese)	5.25	15

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight [kN/m ³]	Undrained Cohesion, c [kN/m ²]	Strain Factor E50	Ultimate Unit Side Friction [kN/m ²]	Ultimate Unit Tip Resistance [kN/m ²]
1	10	100	0.007	40	0
2	10	100	0.007	40	0

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight [kN/m ³]	Undrained Cohesion, c [kN/m ²]	Strain Factor E50	Ultimate Unit Side Friction [kN/m ²]	Ultimate Unit Tip Resistance [kN/m ²]
1	10.5	200	0.005	100	2027
2	10.5	200	0.005	100	2027

Figura 19: Modello di calcolo GROUP, stratigrafia (rispetto a testa palo) e parametri geotecnici di input.

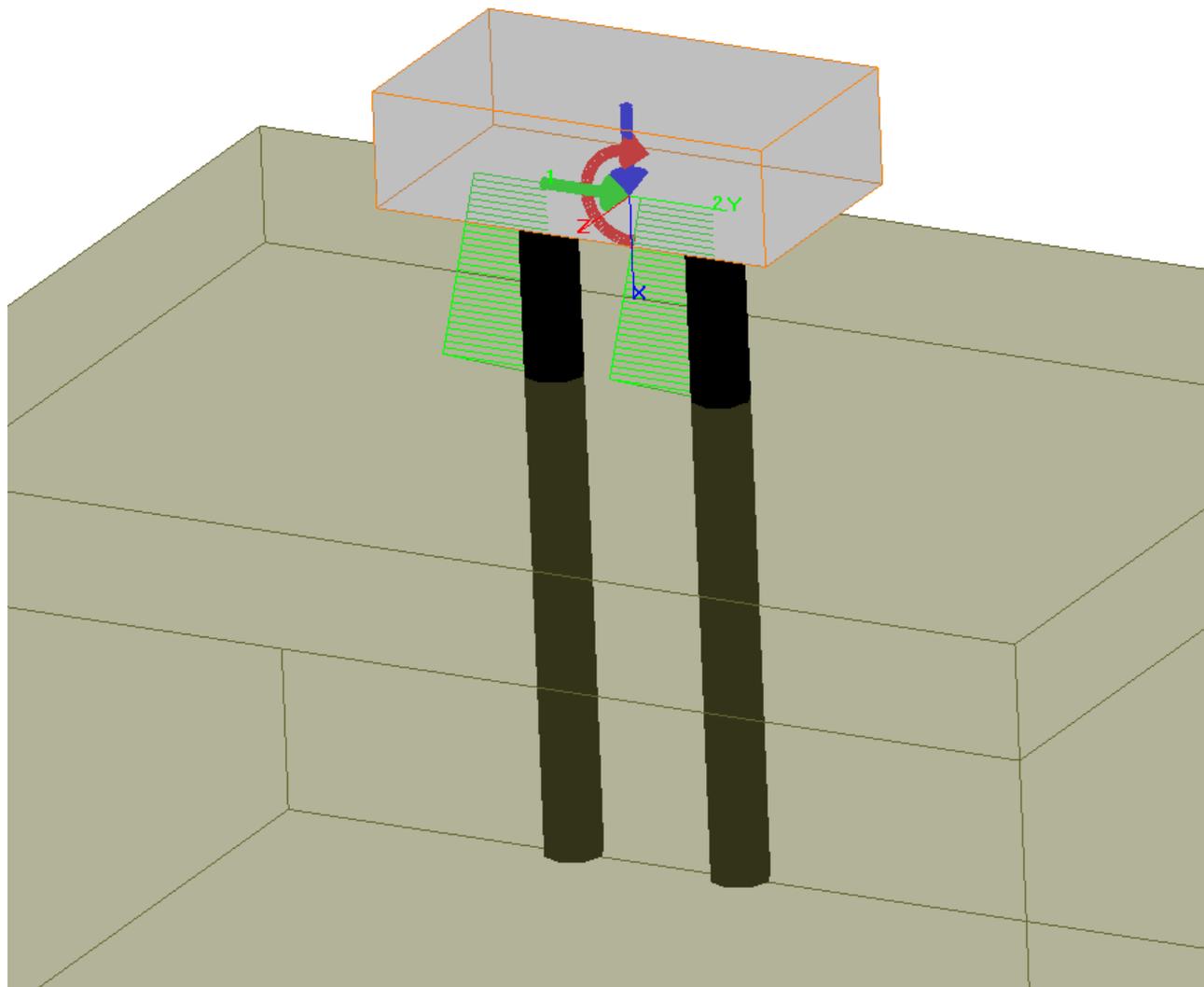


Figura 20: Modello di calcolo GROUP.

10.5 DETERMINAZIONE DELLA SPINTA AGENTE SULL'OPERA DI SOSTEGNO

La spinta F in condizione statica è la somma di due contributi, uno relativo alla sola spinta del terreno (F_G) e l'altro al sovraccarico (F_{QK}).

Per determinare tali valori sono state condotte verifiche di stabilità in condizione statica rispettivamente senza e con il sovraccarico stradale.

In condizione sismica, invece, la spinta risulta unicamente quella del terreno, in accordo alle combinazioni delle azioni descritte al paragrafo 10.3.1.

Nella tabella seguente sono riportati i valori determinati e le figure di riferimento per le analisi di stabilità.

Tabella 3: Spinta agente sull'opera di sostegno.

Caso statico	$F_G = 315 \text{ kN}$ (Figura 21)	$F_{QK} = 47 \text{ kN}$ (Figura 22)
Caso sismico: Sisma+ (inerzia diretta verso il basso)	$F_G = 466 \text{ kN}$ (Figura 23)	-
Caso sismico: Sisma- (inerzia diretta verso l'alto)	$F_G = 458 \text{ kN}$ (Figura 24)	-

La corrispondenza tra tali valori delle azioni suddette e quelli indicati nelle combinazioni dei carichi riportate nel paragrafo 10.3.1 è la seguente:

- caso statico SLU e SLE: $F_G \Leftrightarrow G_1$ e $F_{QK} \Leftrightarrow Q_{K1}$;
- caso sismico SLV: $F_G \Leftrightarrow E + G_1$.

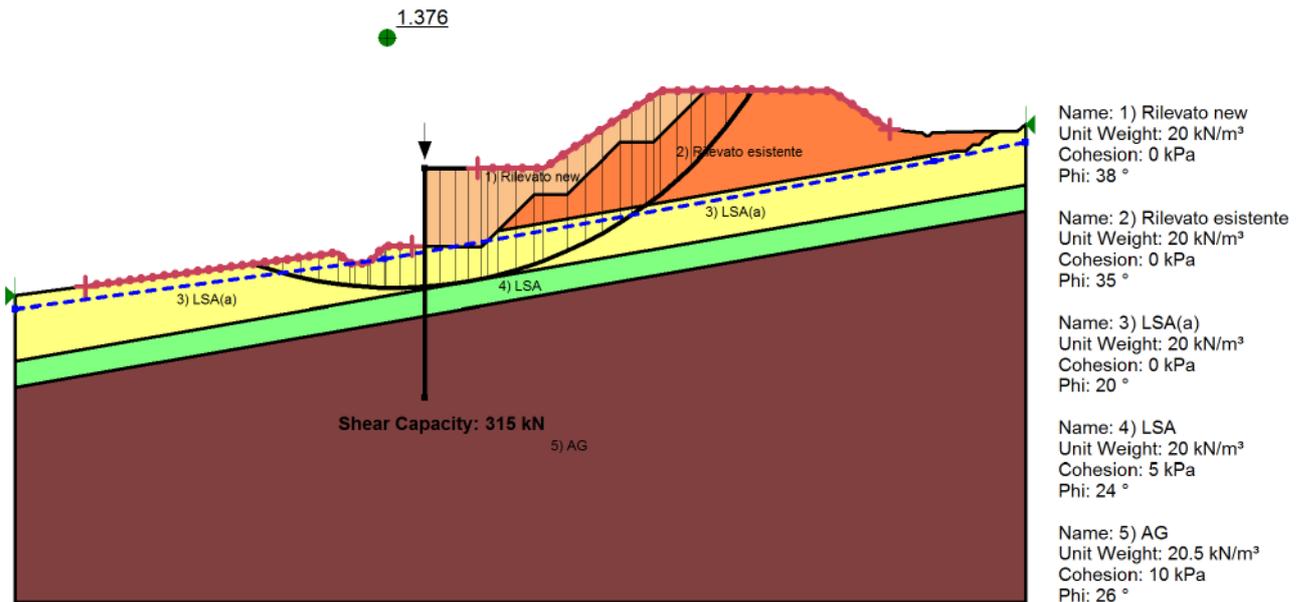


Figura 21: Verifica di stabilità in condizione statica drenata in assenza di sovraccarico stradale $\Rightarrow F_G$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

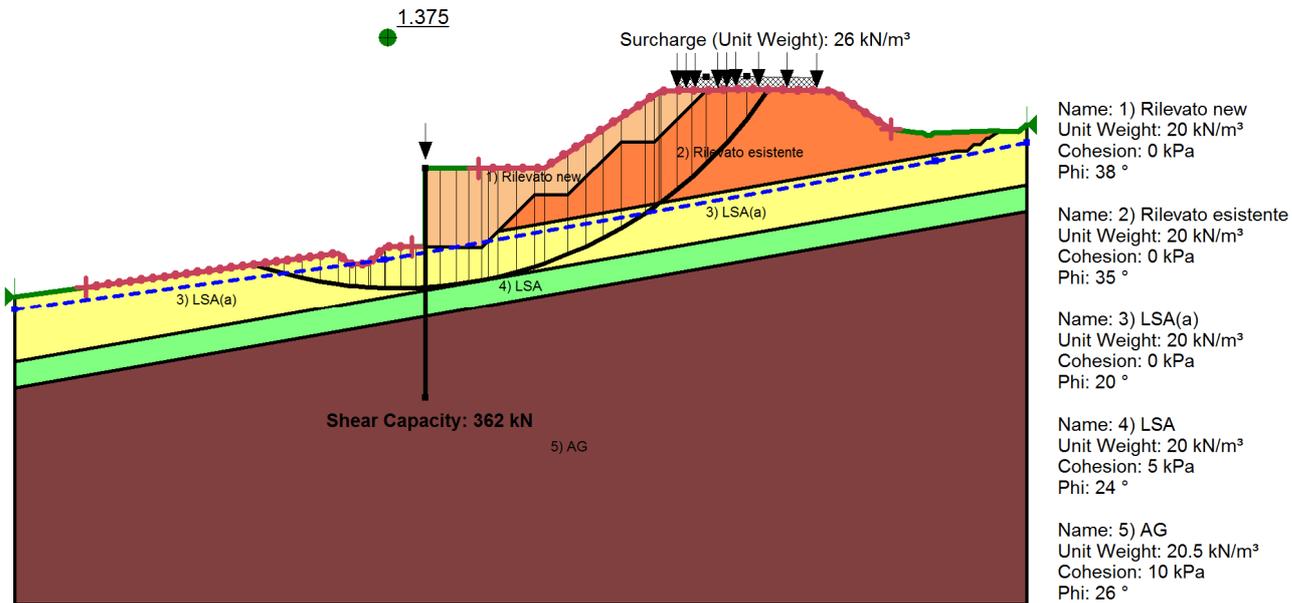


Figura 22: Verifica di stabilità in condizione statica drenata con sovraccarico stradale $\Rightarrow F_G + F_{QK}$

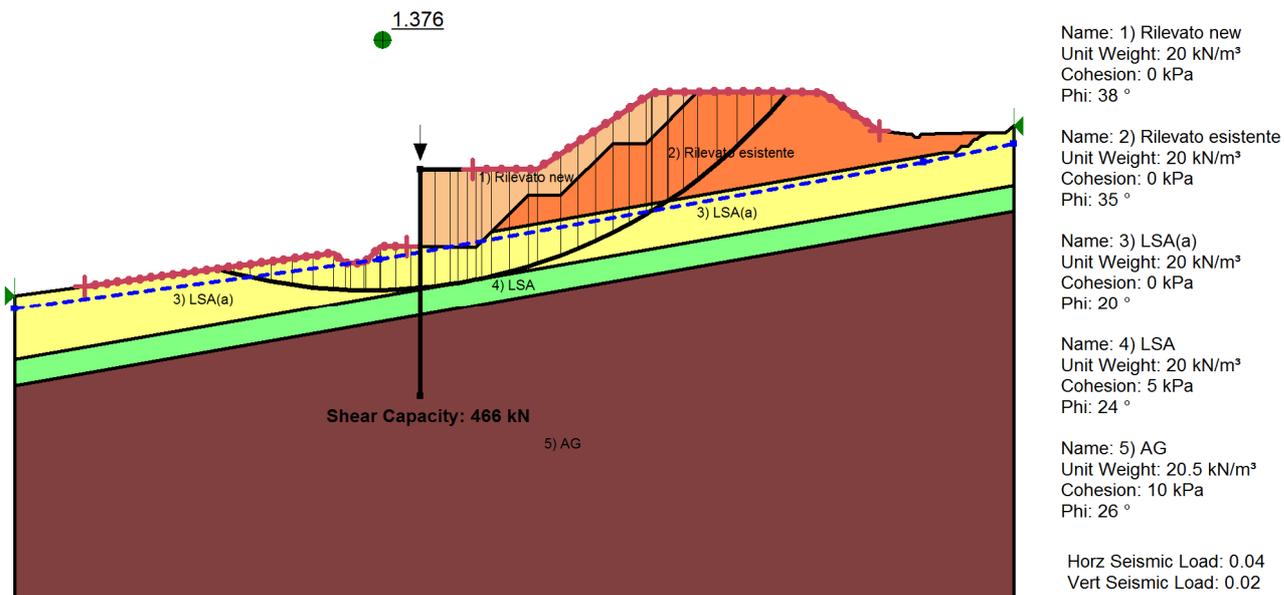


Figura 23: Verifica di stabilità in condizione drenata sisma+ (inerzia diretta verso il basso) $\Rightarrow F_G$

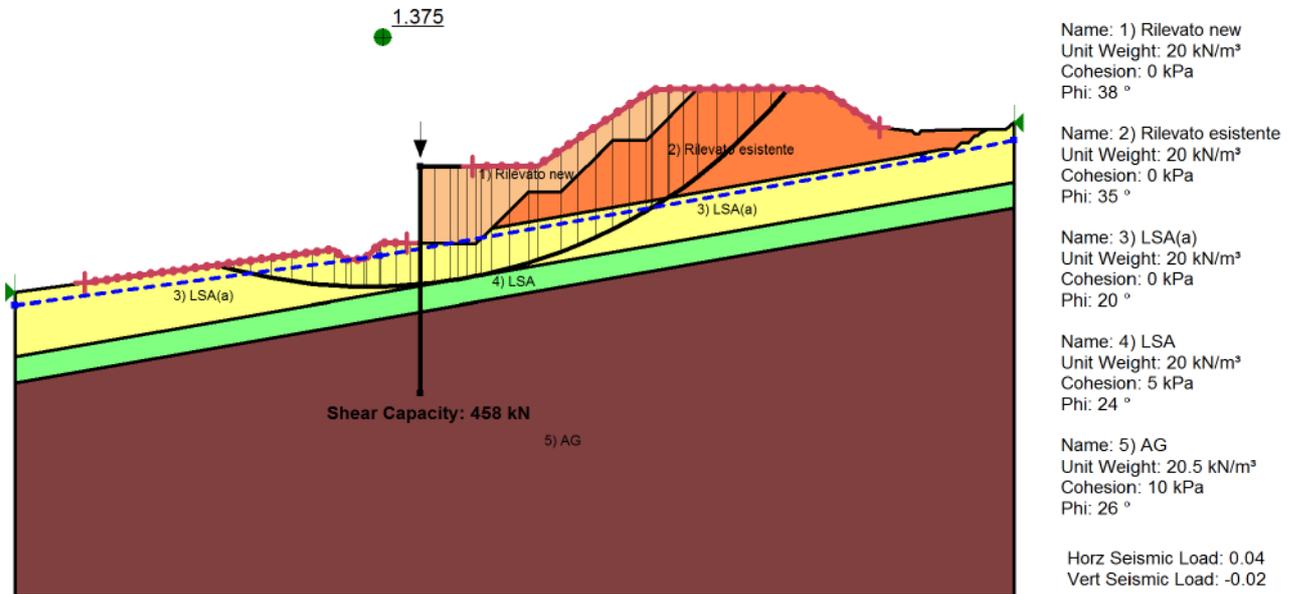


Figura 24: Verifica di stabilità in condizione drenata sisma- (inerzia diretta verso l'alto) ⇒ F_G

10.6 SINTESI DEI RISULTATI

10.6.1 Pali

Nei paragrafi seguenti si riportano per le diverse combinazioni di analisi (vedi paragrafo 10.3.1):

- gli input del modello Group in termini di azioni agenti in testa alla palificata e lungo il fusto del palo (vedi Figura 19), ricavati dai diagrammi di spinta desunti al paragrafo 10.5; per la combinazione sismica sono state aggiunte le forze inerziali su opera e terreno imbarcato;
- i diagrammi delle azioni taglianti (solo per SLU/SLV) e flettenti lungo i pali;
- la tabella di riepilogo delle azioni assiali sul singolo palo;
- i diagrammi di spostamento (per gli SLE).

Il sistema di riferimento considerato ha origine nel baricentro della testa della palificata ed è rappresentato in Figura 19 e Figura 20.

10.6.1.1 Stato limite ultimo (SLU), caso statico [A1+M1+R3=1]

Nel caso dello stato limite ultimo, il fattore amplificativo A1 delle azioni è differente per le azioni permanenti ($\gamma_{G1}=1.3$) e per quelle accidentali ($\gamma_Q=1.5$).

Nelle figure seguenti i carichi applicati si riferiscono:

- al valore F_G indicato in Tabella 3;

- al valore F_{QK} indicato in Tabella 3 amplificato del rapporto $\gamma_Q/\gamma_{G1} = 1.5/1.3$.

Le azioni risultanti (sforzo normale, taglio e momento) vengono poi amplificate del fattore $\gamma_{G1} = 1.3$ per ottenere quelle di progetto.

Concentrated Loads on File Cap			
Concentrated	Fx	Fy	Mz
Load	(kN)	(kN)	(kN-m)
Edit Load 1	932.5	310.7	-65.28

Figura 25: SLU – Terna di azioni (normale F_x , tagliante F_y , flettente M_z).

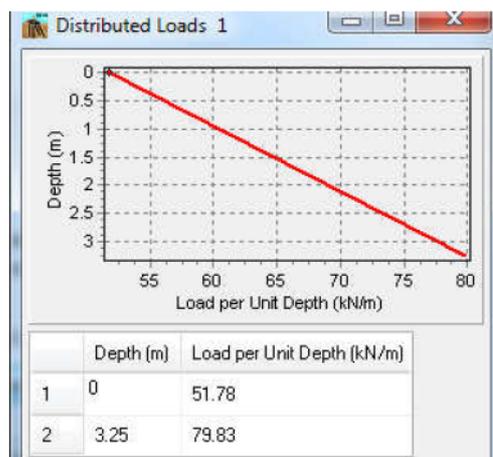


Figura 26: SLU – Diagramma di spinta applicato sul tratto libero dei pali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

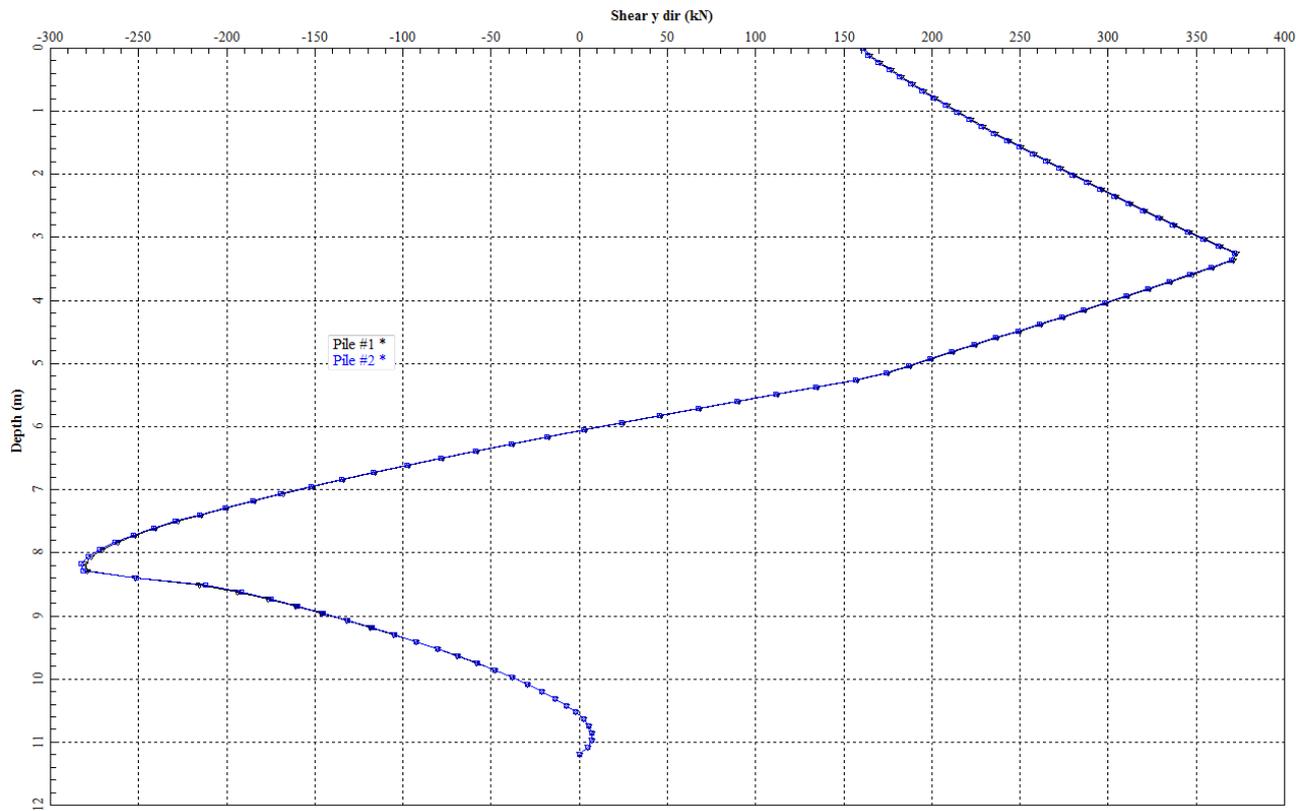


Figura 27: SLU – Palo – Azione tagliante (azioni da amplificare per il fattore 1.3)

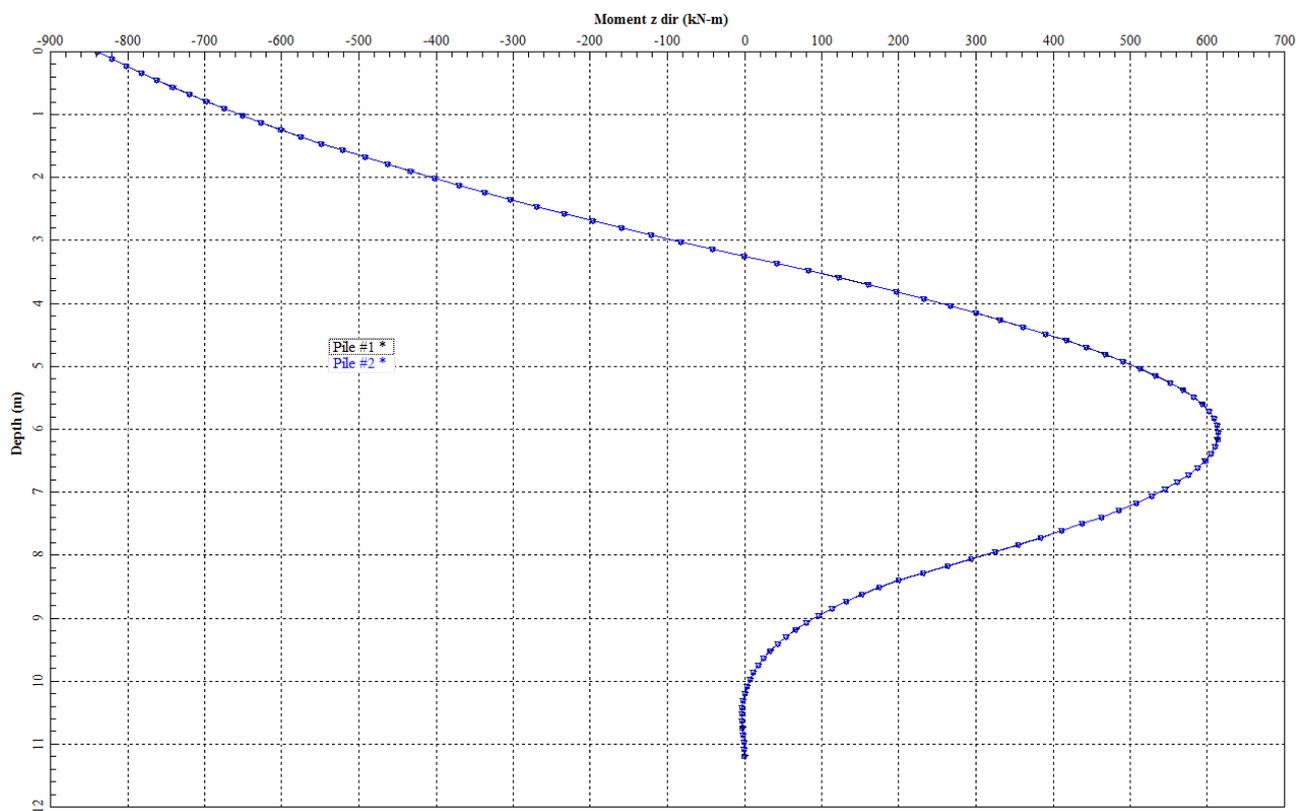


Figura 28: SLU – Palo – Azione flettente (azioni da amplificare per il fattore 1.3)

Tabella 4: SLU – Azione normale in testa ai pali (azioni da amplificare per il fattore 1.3)

Palo di monte	N = 114.8 kN (trazione)
Palo di valle	N = 1047.3 kN (compressione)

Le sollecitazioni risultanti allo SLU sul singolo palo sono pertanto riportate nella tabella seguente:

Tabella 5: SLU – Sollecitazioni di calcolo.

Sforzo normale massimo di trazione	$N_{\text{traz-max}}$	149.2 kN
Sforzo normale massimo di compressione	$N_{\text{compr-max}}$	1361.5 kN
Sforzo massimo di taglio	V_{max}	484.3 kN
Momento flettente massimo	M_{max}	1090.5 kNm

10.6.1.2 Stato limite di esercizio (SLE) – Combinazione caratteristica (rara)

Concentrated Loads on Pile Cap			
Concentrated	F _x	F _y	M _z
Load	(kN)	(kN)	(kN-m)
Edit Load 1	932.5	304.62	-46.63

Figura 29: SLE combinazione caratteristica – Terna di azioni (normale F_x, tagliante F_y, flettente M_z).

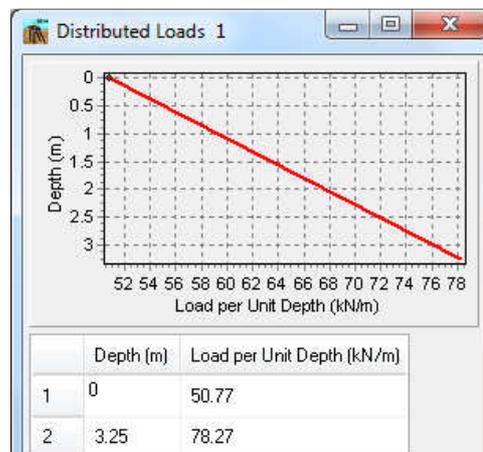


Figura 30: SLE combinazione caratteristica – Diagramma di spinta applicato sul tratto libero dei pali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

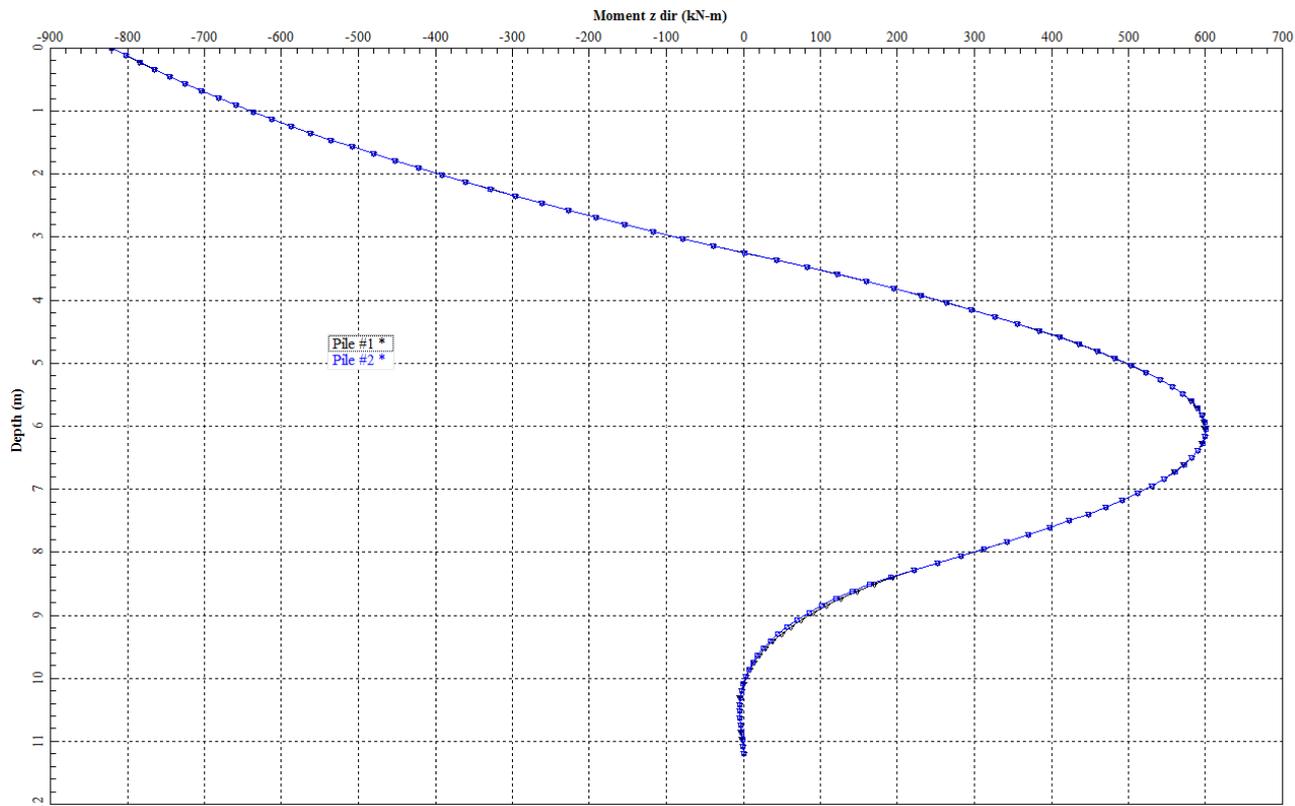


Figura 31: SLE combinazione caratteristica – Palo – Azione flettente.

Tabella 6: SLE combinazione caratteristica - Azione normale in testa ai pali.

Palo di monte	N = 96.1 kN (trazione)
Palo di valle	N = 1028.6 kN (compressione)

Le sollecitazioni risultanti allo SLE combinazione caratteristica sul singolo palo sono pertanto riportate nella tabella seguente:

Tabella 7: SLE combinazione caratteristica – Sollecitazioni di calcolo.

Sforzo normale massimo di trazione	$N_{\text{traz-max}}$	96.1 kN
Sforzo normale massimo di compressione	$N_{\text{compr-max}}$	1028.6 kN
Momento flettente massimo	M_{max}	820.3 kNm

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

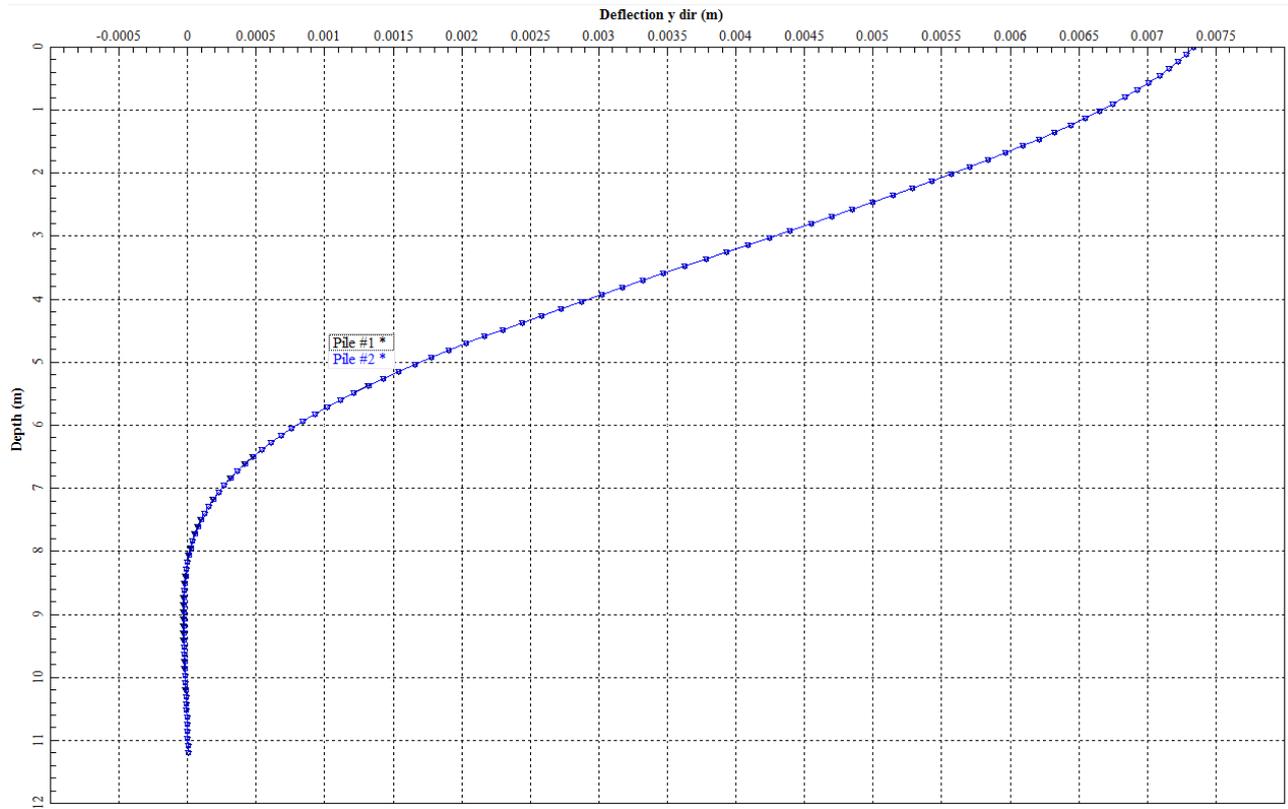


Figura 32: SLE combinazione caratteristica – Spostamento orizzontali.

10.6.1.3 Stato limite di esercizio (SLE) – Combinazione frequente

Concentrated Loads on Pile Cap			
Concentrated	F _x	F _y	M _z
Load	(kN)	(kN)	(kN-m)
Edit Load 1	932.5	280.9	-3.74

Figura 33: SLE combinazione frequente – Terna di azioni (normale F_x, tagliante F_y, flettente M_z).

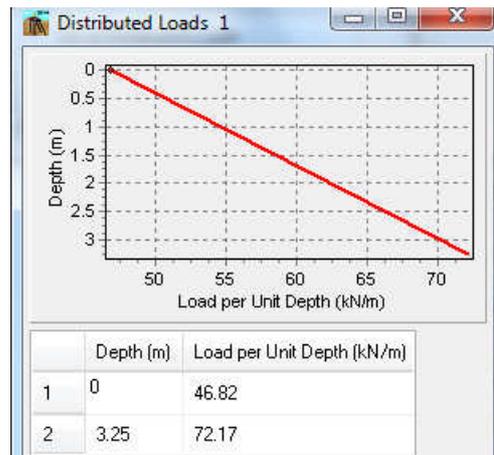


Figura 34: SLE combinazione frequente – Diagramma di spinta applicato sul tratto libero dei pali.

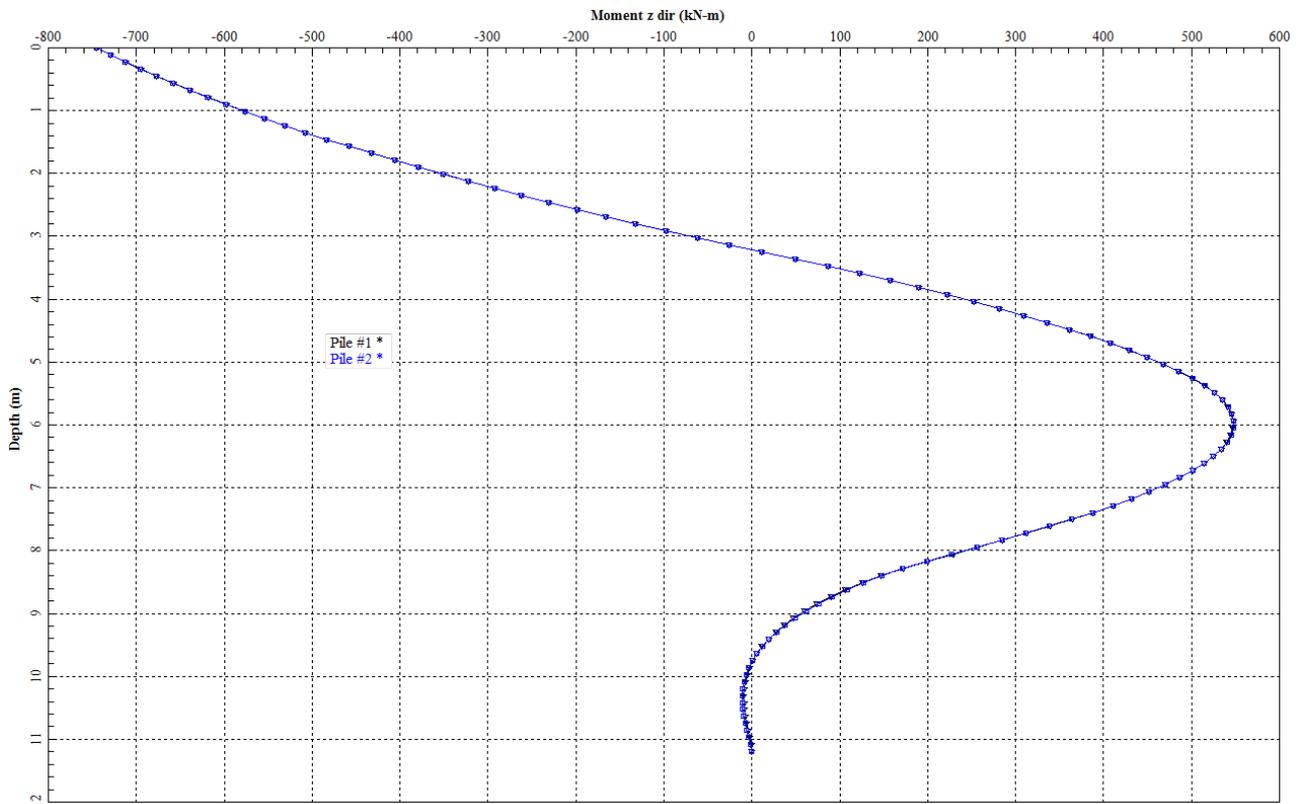


Figura 35: SLE combinazione frequente – Palo – Azione flettente.

Tabella 8: SLE combinazione frequente – Azione normale in testa ai pali.

Palo di monte	N = 32.2 kN (trazione)
Palo di valle	N = 964.7 kN (compressione)

Le sollecitazioni risultanti allo SLE combinazione frequente sul singolo palo sono pertanto riportate nella tabella seguente:

Tabella 9: SLE combinazione frequente – Sollecitazioni di calcolo.

Sforzo normale massimo di trazione	$N_{\text{traz-max}}$	32.2 kN
Sforzo normale massimo di compressione	$N_{\text{compr-max}}$	964.7 kN
Momento flettente massimo	M_{max}	745.9 kNm

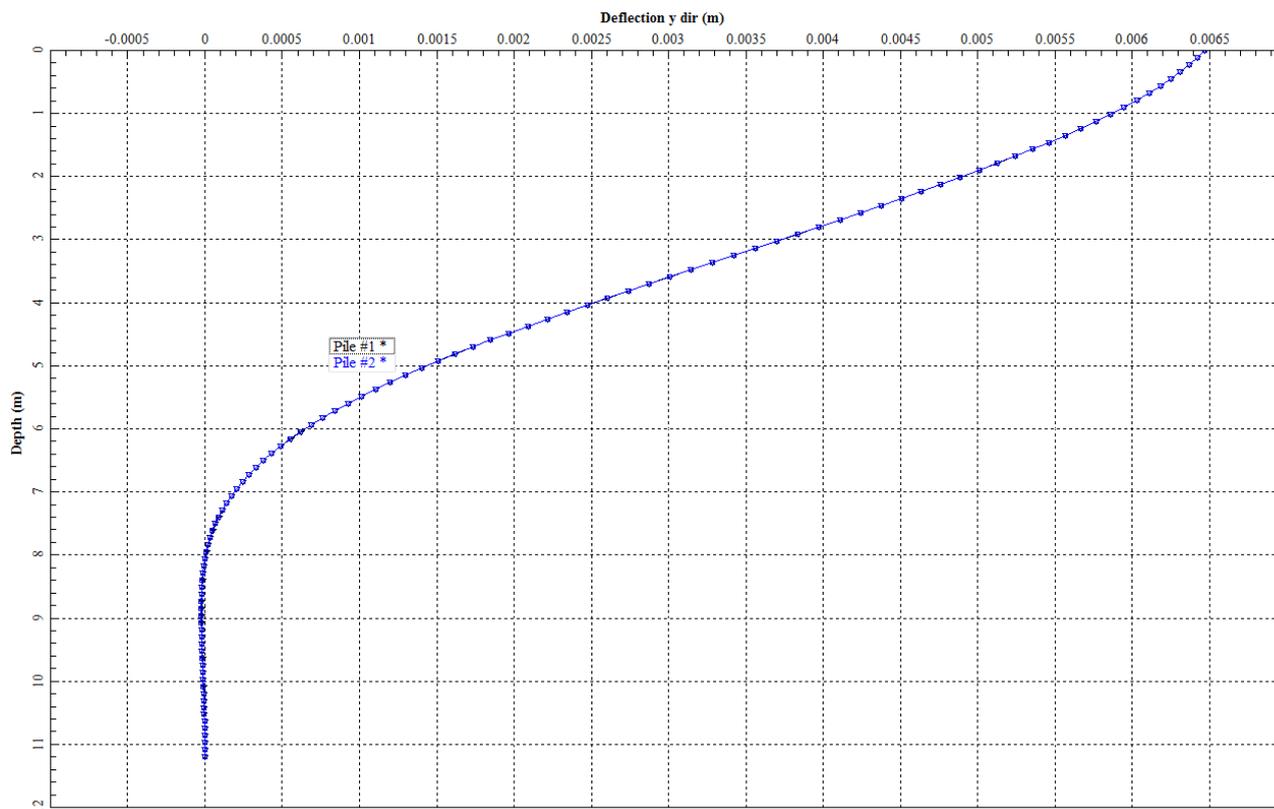


Figura 36: SLE combinazione frequente – Spostamento orizzontali.

10.6.1.4 Stato limite di esercizio (SLE) – Combinazione quasi permanente

Concentrated Loads on Pile Cap			
Concentrated	F _x	F _y	M _z
Load	(kN)	(kN)	(kN-m)
Edit Load 1	932.5	265.08	27.98

Figura 37: SLE combinazione quasi permanente – Terna di azioni (normale F_x, tagliante F_y, flettente M_z).

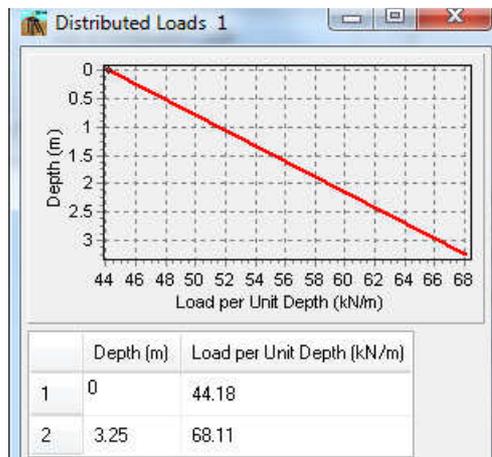


Figura 38: SLE combinazione quasi permanente – Diagramma di spinta applicato sul tratto libero dei pali.

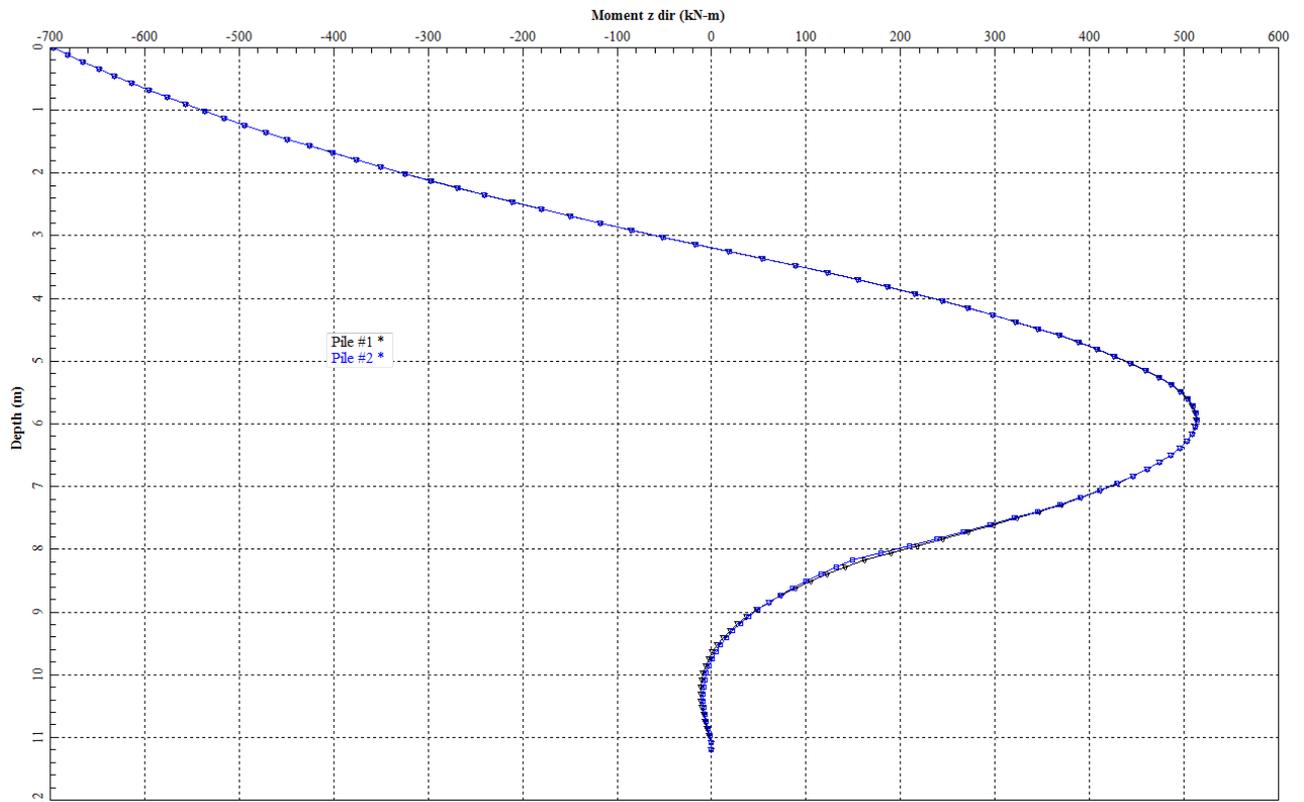


Figura 39: SLE combinazione quasi permanente – Palo – Azione flettente.

Tabella 10: SLE combinazione quasi permanente - Azione normale in testa ai pali.

Palo di monte	N = 11.0 kN (compressione)
Palo di valle	N = 921.5 kN (compressione)

Le sollecitazioni risultanti allo SLE combinazione quasi permanente sul singolo palo sono pertanto riportate nella tabella seguente:

Tabella 11: SLE combinazione quasi permanente – Sollecitazioni di calcolo.

Sforzo normale minimo di compressione	$N_{\text{compr-min}}$	11.0 kN
Sforzo normale massimo di compressione	$N_{\text{compr-max}}$	921.5 kN
Momento flettente massimo	M_{max}	696.9 kNm

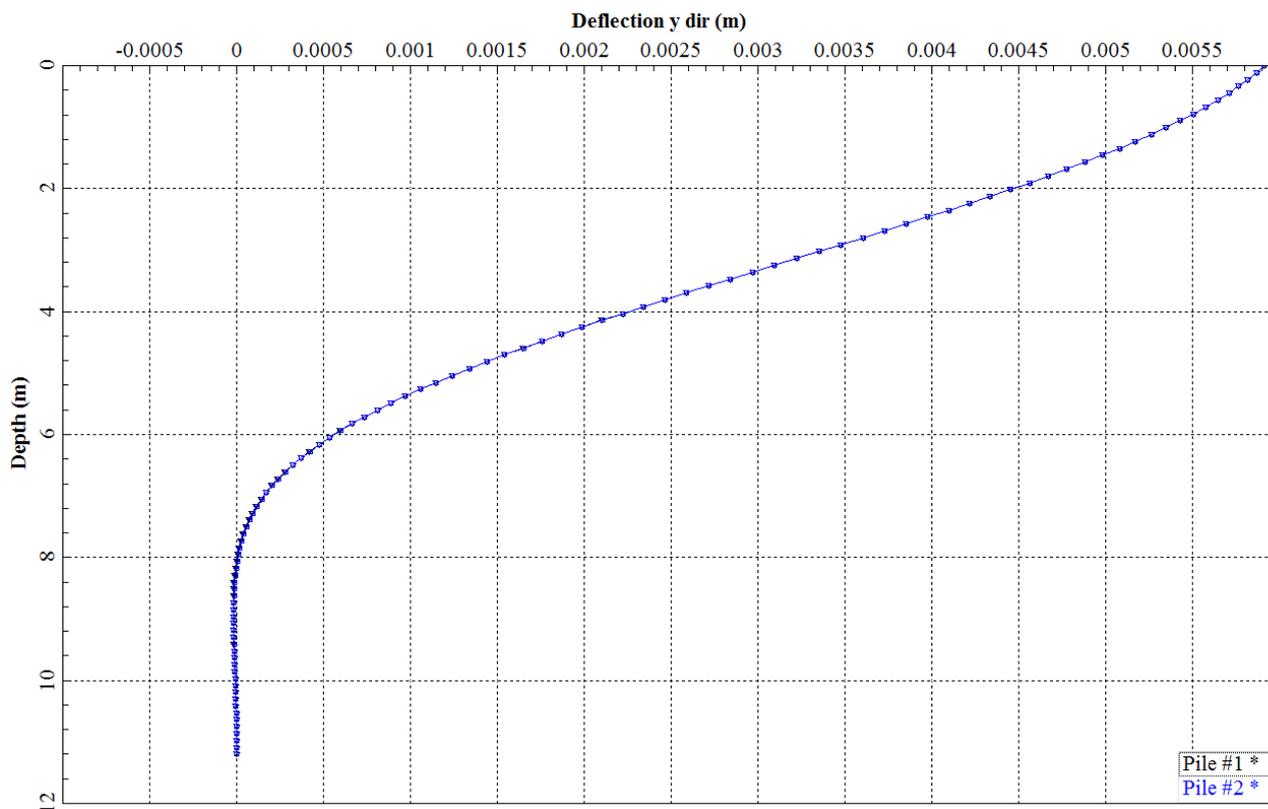


Figura 40: SLE combinazione quasi permanente – Spostamento orizzontali.

10.6.1.5 Stato limite ultimo, caso sismico $[A1(\gamma_F=1)+M1+R3=1]$ – SLV

- SLV Sisma+ (azione inerziale diretta verso il basso)

Concentrated Loads on Pile Cap			
Concentrated	F _x	F _y	M _z
Load	(kN)	(kN)	(kN-m)
Edit Load 1	951.16	429.44	-313.88

Figura 41: SLV Sisma+ – Terna di azioni (normale F_x, tagliante F_y, flettente M_z).

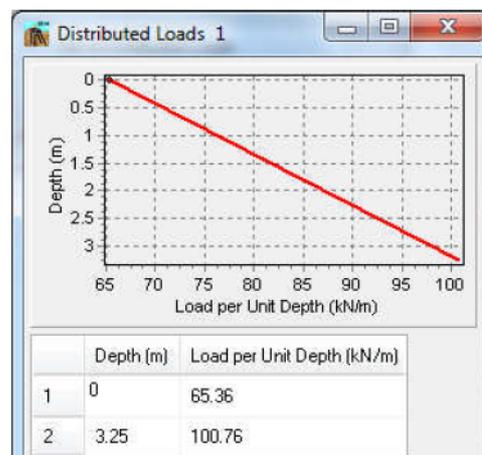


Figura 42: SLV Sisma+ – Diagramma di spinta applicato sul tratto libero dei pali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

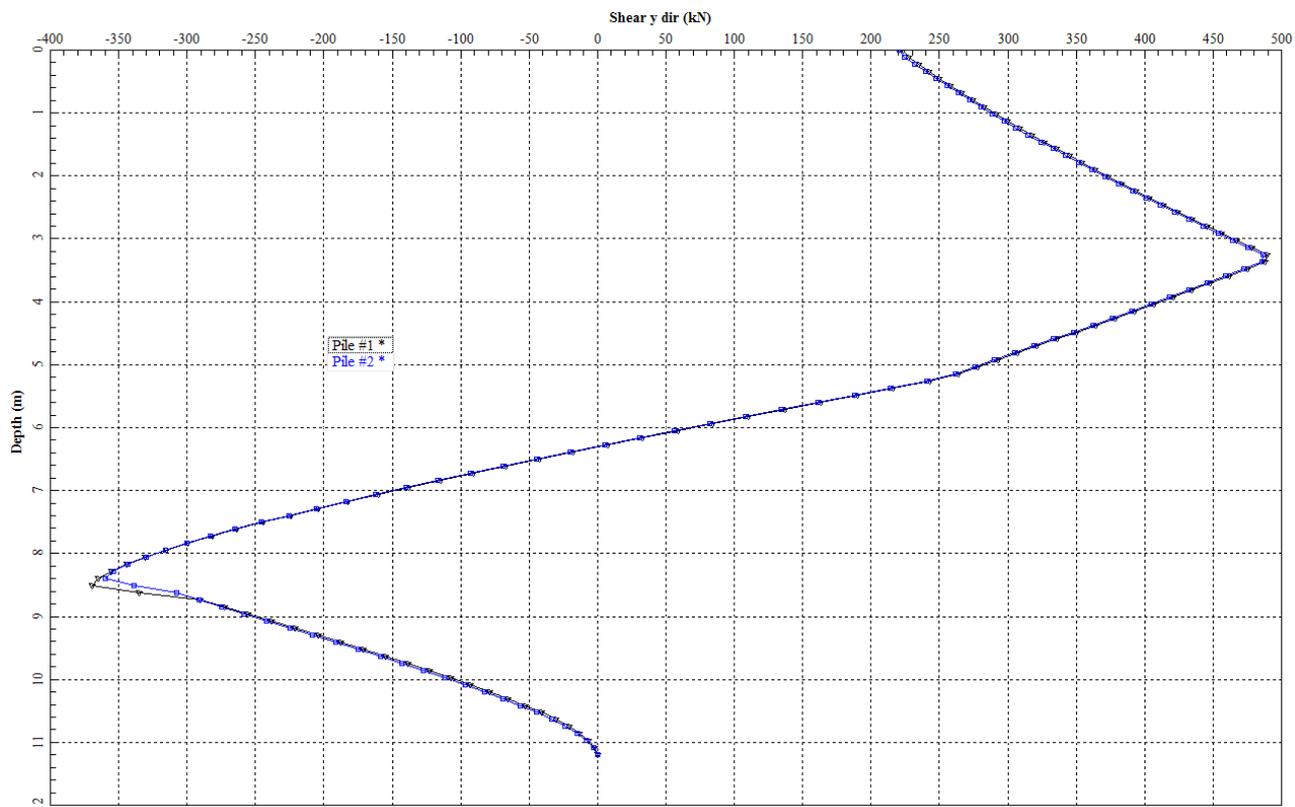


Figura 43: SLV Sisma+ – Palo – Azione tagliante.

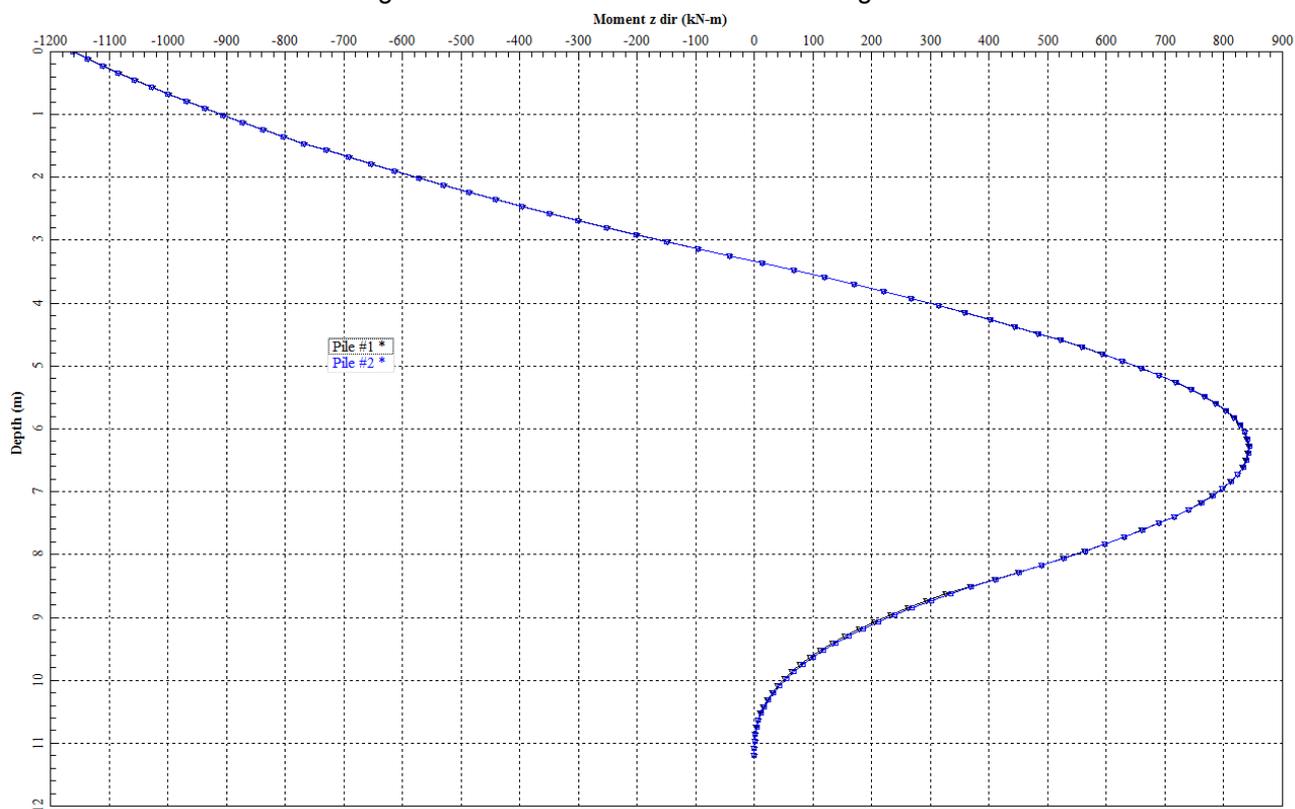


Figura 44: SLV Sisma+ – Palo – Azione flettente.

Tabella 12: SLV Sisma+ - Azione normale in testa ai pali.

Palo di monte	N = 403.0 kN (trazione)
Palo di valle	N = 1354.2 kN (compressione)

Le sollecitazioni risultanti allo SLV Sisma+ sul singolo palo sono pertanto riportate nella tabella seguente:

Tabella 13: SLV Sisma+ – Sollecitazioni di calcolo.

Sforzo normale massimo di trazione	$N_{\text{traz-max}}$	403.0 kN
Sforzo normale massimo di compressione	$N_{\text{compr-max}}$	1354.2 kN
Sforzo massimo di taglio	V_{max}	489.4 kN
Momento flettente massimo	M_{max}	1161.5 kNm

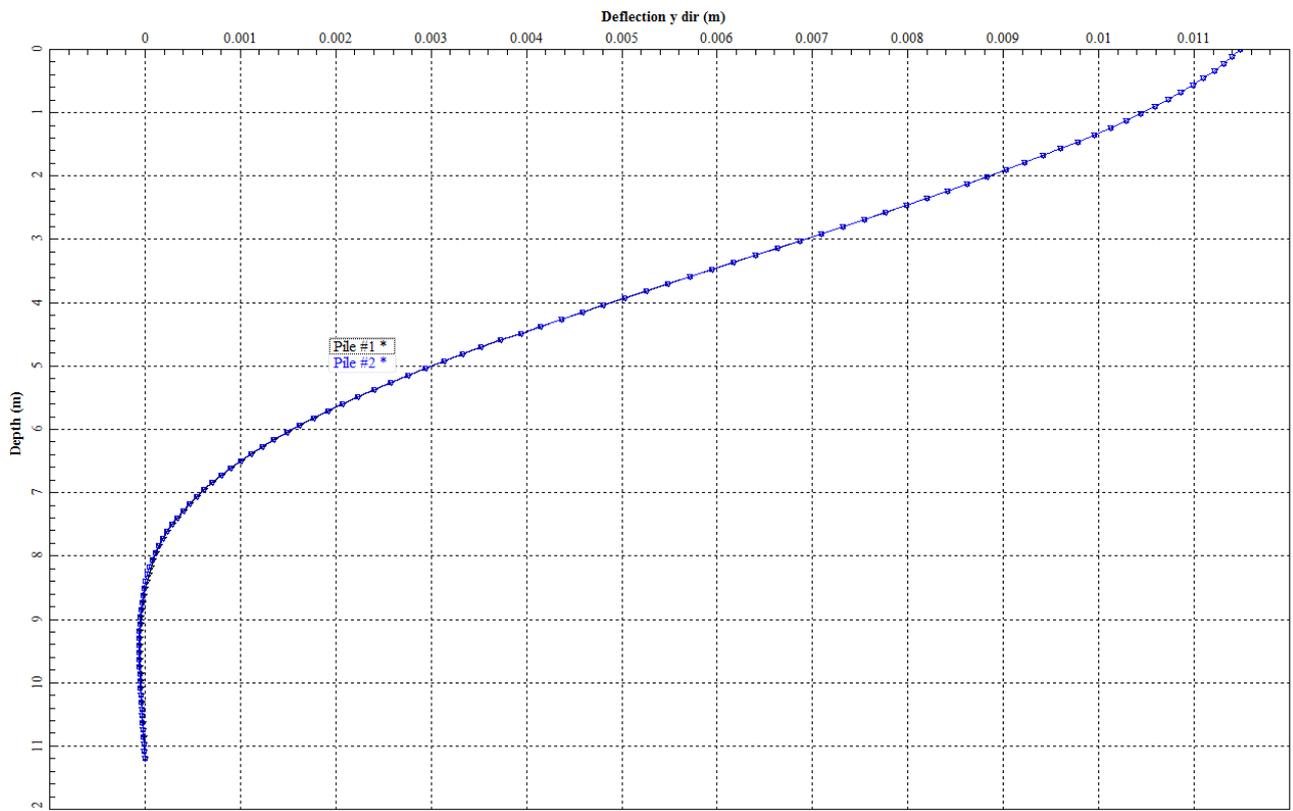


Figura 45: SLV Sisma+ – Palo – Spostamento orizzontale.

Lo spostamento orizzontale della palificata in testa ai pali è pari a circa 1.1 cm, considerando l'azione sismica definita al paragrafo 10.2, ovvero considerando il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m .

Lo spostamento della palificata “ v_a ” necessario per mobilitare lo stato di spinta attivo secondo L'EC7-1 (paragrafo 10.2 e Tabella 2), considerando l'altezza complessiva del muro (soletta + paramento – vedi Figura 51) pari a $h = 600$ cm, è pari a:

$$v_a = 0.1 \cdot \sqrt{600} = 0.6 \text{ cm} .$$

Appare pertanto giustificata l'adozione del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m nella definizione dell'azione sismica di progetto.

- SLV- Sisma- (azione inerziale diretta verso l'alto)

Concentrated Loads on Pile Cap			
Concentrated	Fx	Fy	Mz
Load	(kN)	(kN)	(kN-m)
Edit Load 1	913.84	423.8	-319.84

Figura 46: SLV Sisma- – Terna di azioni (normale F_x , tagliante F_y , flettente M_z).

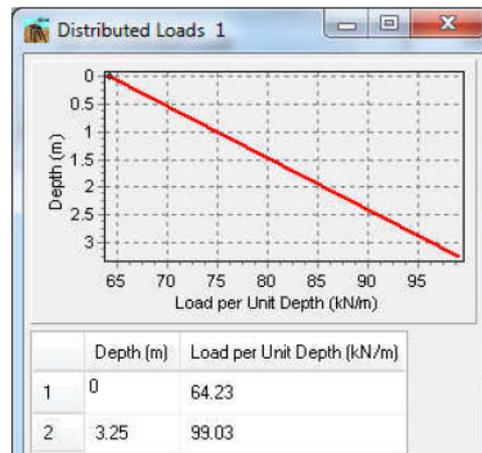


Figura 47: SLV Sisma- – Diagramma di spinta applicato sul tratto libero dei pali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

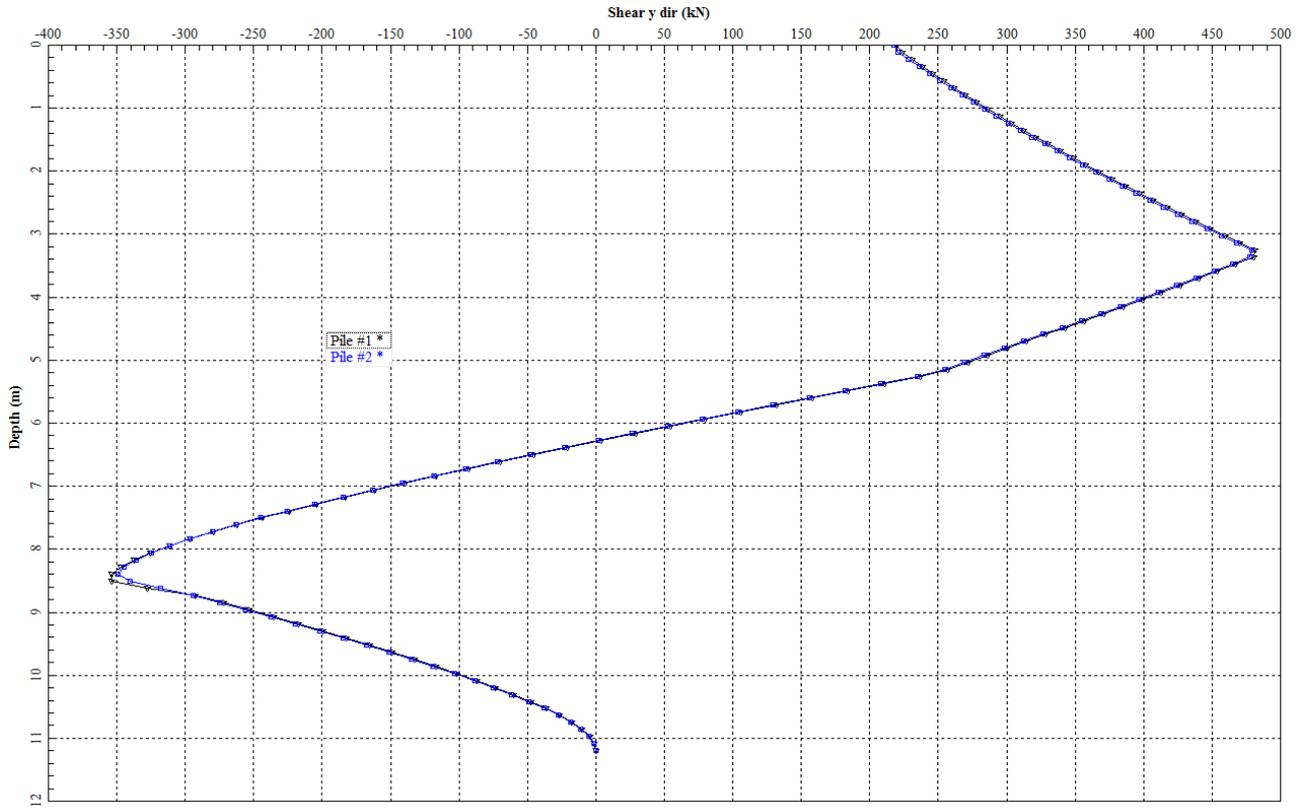


Figura 48: SLV Sisma- – Palo – Azione tagliante.

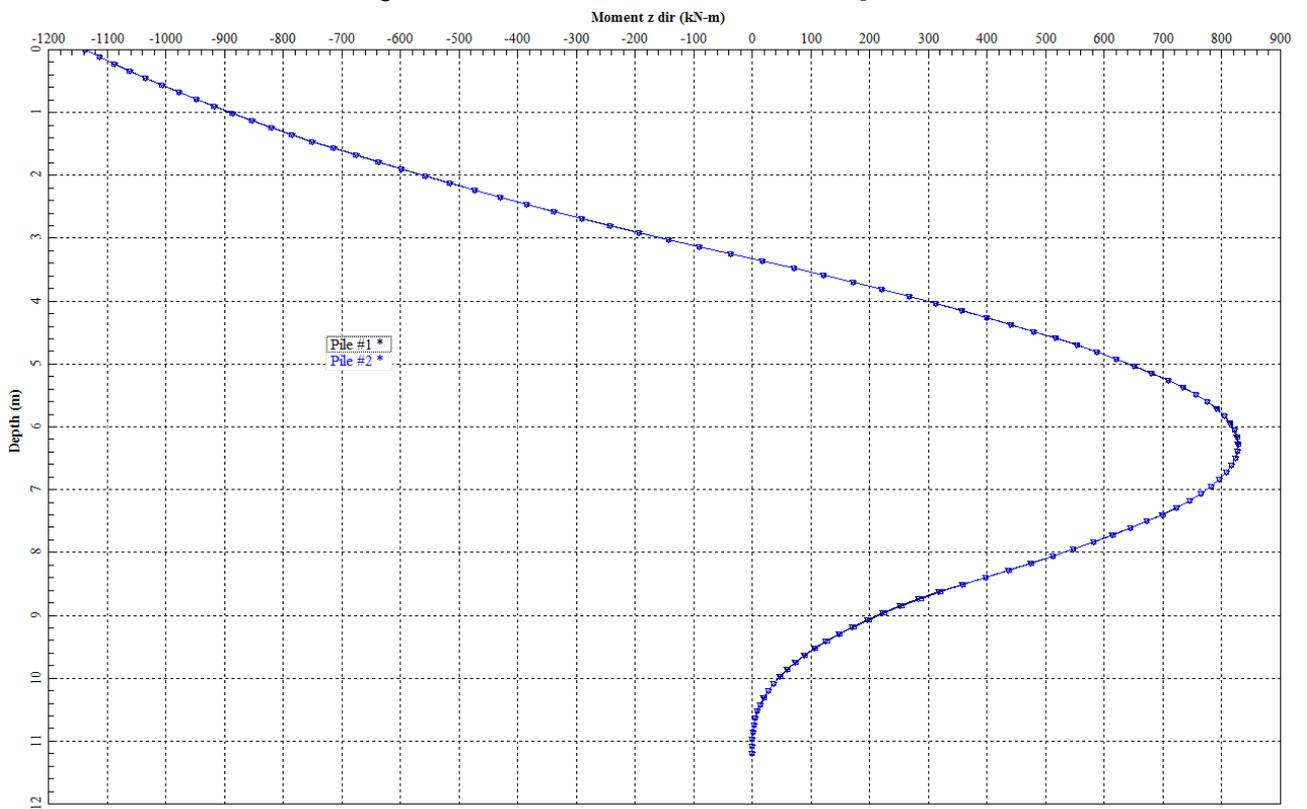


Figura 49: SLV Sisma- – Palo – Azione flettente.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Tabella 14: SLV Sisma- - Azione normale in testa ai pali.

Palo di monte	N = 408.2 kN (trazione)
Palo di valle	N = 1322.0 kN (compressione)

Le sollecitazioni risultanti allo SLV Sisma- sul singolo palo sono pertanto riportate nella tabella seguente:

Tabella 15: SLV Sisma- – Sollecitazioni di calcolo.

Sforzo normale massimo di trazione	$N_{\text{traz-max}}$	408.2 kN
Sforzo normale massimo di compressione	$N_{\text{compr-max}}$	1322.0 kN
Sforzo massimo di taglio	V_{max}	481.4 kN
Momento flettente massimo	M_{max}	1137.8 kNm

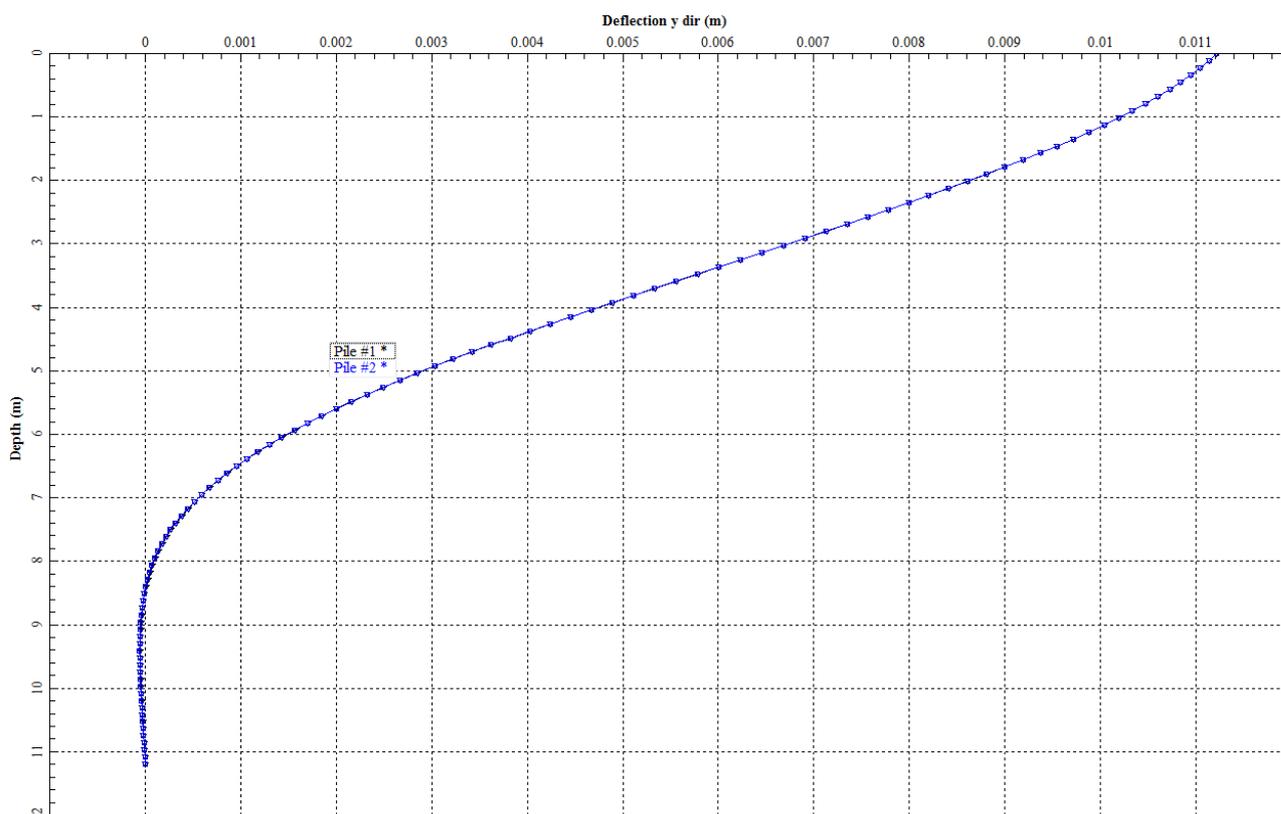


Figura 50: SLV Sisma- – Palo – Spostamento orizzontale.

10.6.2 Paramento verticale

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni risultanti:

- alla base del paramento verticale di spessore 75 cm, di altezza 5 m;
- alla base della porzione di paramento di spessore 50 cm (Figura 51); la verifica viene condotta cautelativamente considerando tale porzione di altezza 3 m da testa muro, invece dei 2 m della sezione analizzata, per tener conto di tutte le tipologie di muro adottate;

per le diverse combinazioni di analisi (vedi paragrafo 10.3.1) ottenute:

- con riferimento ad uno schema a mensola incastrata alla base sottoposta ai diagrammi di spinta triangolari riportati al paragrafo 10.5 per le varie combinazioni di carico (Figura 17);
- considerando le forze inerziali sul paramento per la combinazione sismica.

Tabella 16: Sollecitazioni di calcolo alla base del paramento di spessore 75 cm SLU/SLV.

		SLU	SLV+	SLV-
Sforzo normale	N_{compr}	81.3 kN	82.9 kN	79.6 kN
Sforzo di taglio	V	140.3 kN	139.4 kN	137.1 kN
Momento flettente	M	233.7 kNm	234.3 kNm	230.4 kNm

Tabella 17: Sollecitazioni di calcolo alla base del paramento di spessore 75 cm SLE.

		SLE caratt.	SLE frequente	SLE quasi perm.
Sforzo normale	N_{compr}	81.3 kN	81.3 kN	81.3 kN
Momento flettente	M	176.3 kNm	162.5 kNm	153.4 kNm

Tabella 18: Sollecitazioni di calcolo alla base della porzione di paramento di spessore 50 cm – SLU/SLV.

		SLU	SLV+	SLV-
Sforzo normale	N_{compr}	37.5 kN	38.3 kN	36.8 kN
Sforzo di taglio	V	50.5 kN	50.5 kN	49.7 kN
Momento flettente	M	50.5 kNm	51.3 kNm	50.4 kNm

Tabella 19: Sollecitazioni di calcolo alla base della porzione di paramento di spessore 50 cm – SLE.

		SLE caratt.	SLE frequente	SLE quasi perm.
Sforzo normale	N_{compr}	37.5 kN	37.5 kN	37.5 kN
Momento flettente	M	38.1 kNm	35.1 kNm	33.1 kNm

10.6.3 Soletta di base

La soletta di base viene dimensionata lungo la direzione trasversale dell'opera, considerando i pali come appoggi (interasse 3 m) ed una striscia di lunghezza unitaria (Figura 51).

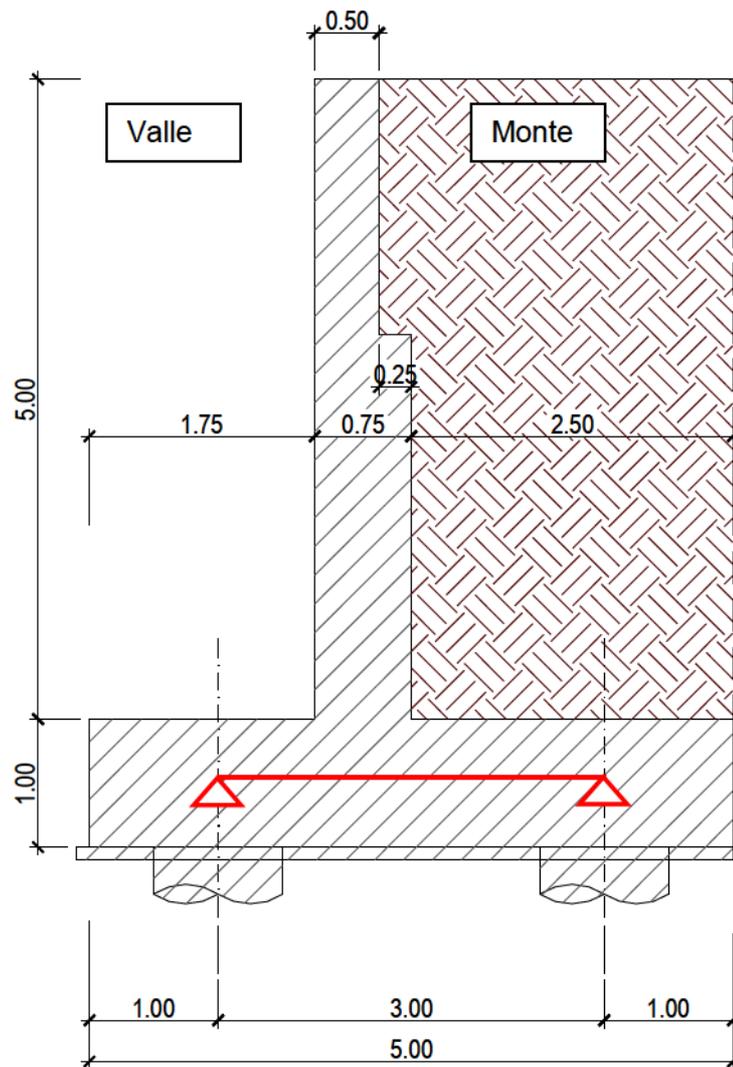


Figura 51: Schema statico soletta di base.

I carichi agenti sono i seguenti:

- peso proprio soletta;
- peso terreno imbarcato dall'opera;
- azioni trasmesse alla base dal paramento verticale;
- azioni inerziali sui pesi propri;

e sono riportati nelle figure seguenti per i diversi stati limite considerati con riferimento allo schema statico suddetto.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

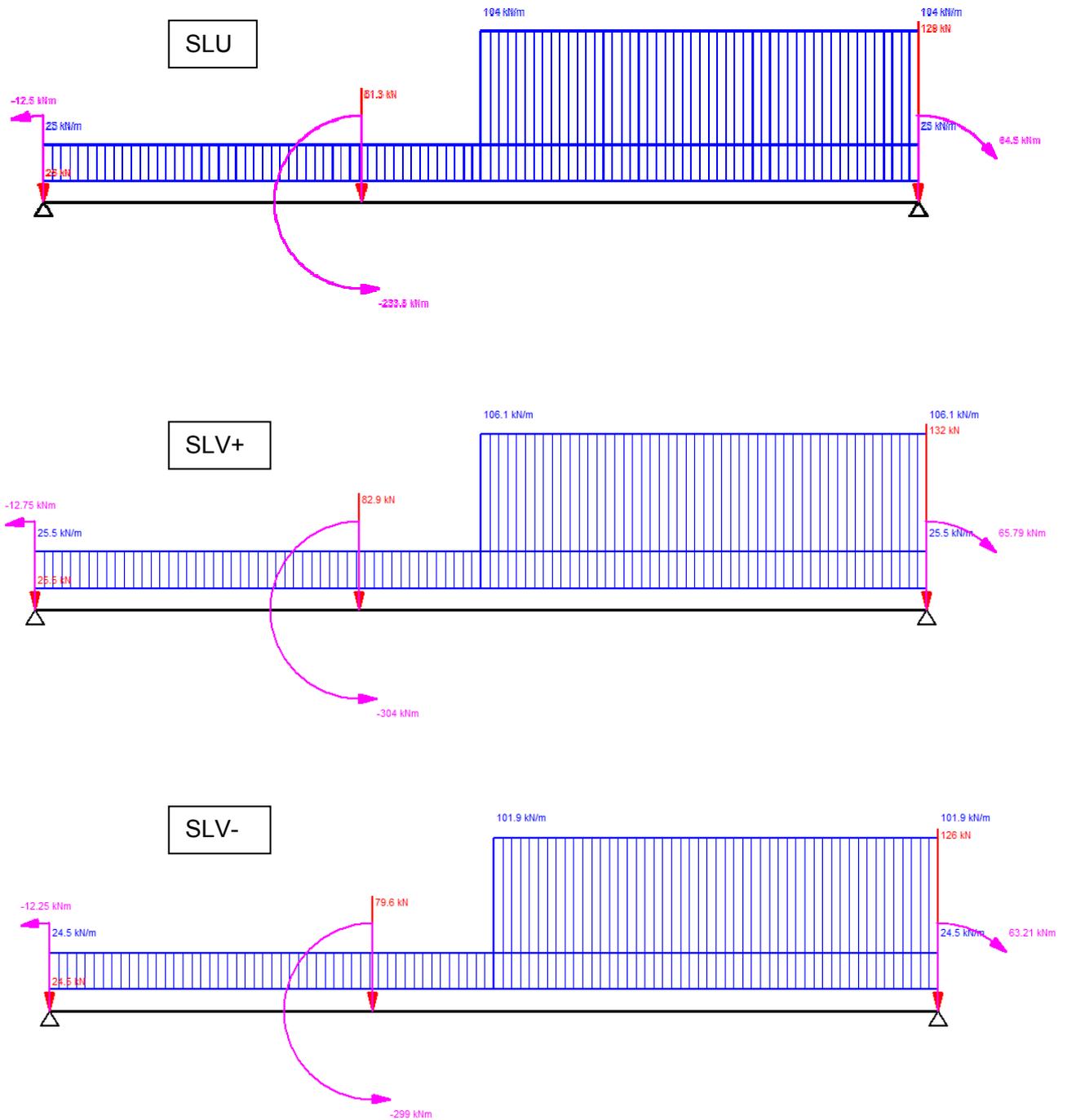


Figura 52: Carichi agenti sulla soletta di base – Combinazioni SLU/SLV.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

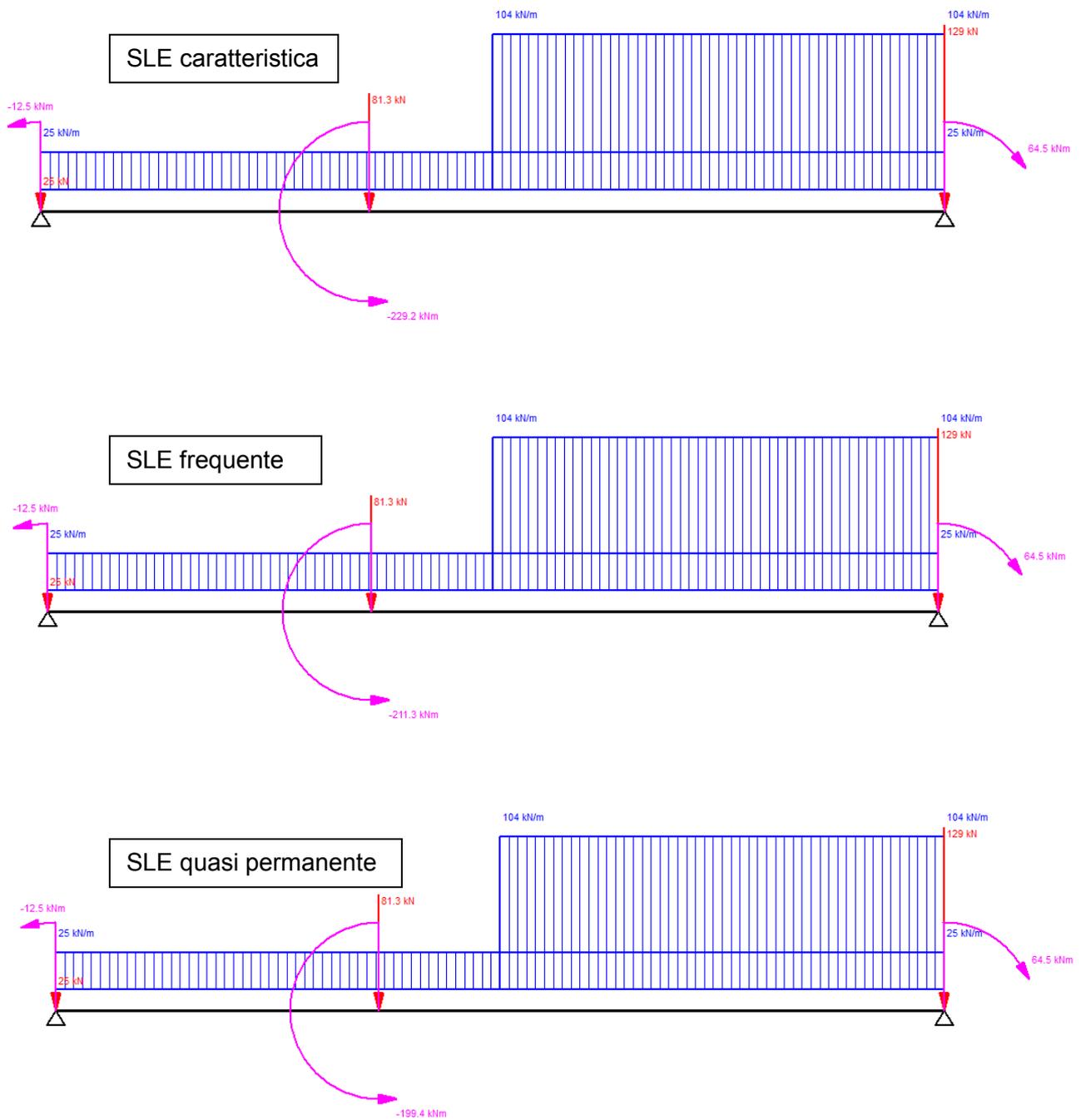


Figura 53: Carichi agenti sulla soletta di base – Combinazioni SLE.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni risultanti per le diverse combinazioni di analisi.

Tabella 20: Soletta – Sollecitazioni di calcolo SLU/SLV.

		SLU	SLV+	SLV-
Sforzo di taglio	V (*)	234.8 kN	206.0 kN	200.3 kN
Momento flettente	M	231.9 kNm	205.9 kNm	200.3 kNm

(*) valutato ad una distanza dall'appoggio pari a 2/3 del raggio del palo, ovvero a 0.33 m.

Tabella 21: Soletta – Sollecitazioni di calcolo SLE.

		SLE caratt.	SLE frequente	SLE quasi perm.
Momento flettente	M	176.8 kNm	170.3 kNm	166.0 kNm

10.7 VERIFICHE STRUTTURALI (STR)

10.7.1 Pali

10.7.1.1 SLU, SLV – Pressoflessione/Tensoflessione

Le verifiche a pressoflessione e tensoflessione sono state condotte mediante il programma Vca SLU del Prof. Gelfi, con riferimento:

- alle caratteristiche dei materiali indicati al capitolo 5;
- alle caratteristiche geometriche della sezione: diametro pali = 1000 mm;
- all'armatura dei pali:
 - pali di valle:
 - armatura corrente: 22Ø26;
 - spirale Ø12/20cm;
 - copriferro 6 cm;
 - pali di monte:
 - armatura corrente esterna: 20Ø26;
 - armatura integrativa in corrispondenza della testa palo: 20Ø26; distanza baricentro armatura integrativa – baricentro armatura esterna = 52 mm;
 - spirale Ø12/20cm;
 - copriferro 6 cm.

Nel seguito sono riportati:

- i dati di input per le verifiche (schermata del programma Vca SLU);
- il dominio di resistenza e le coppie M-N da elaborazioni (vedi Tabella 5, Tabella 13 e Tabella 15).
- Palo lato monte

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 50 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 20
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 8.5 [cm]

N° barre 20 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5.31	5.68	35.85
2	5.31	16.48	32.34
3	5.31	25.67	25.67
4	5.31	32.34	16.48
5	5.31	35.85	5.68
6	5.31	35.85	-5.68

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
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
 B450C C30/37
 ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 17 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6933
 τ_{c1} : 2.029

M xRd: 2 638 kN m
 σ_c : -17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 6.52 ‰
 d: 91.5 cm
 x: 31.96 x/d: 0.3493
 δ : 0.8766

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

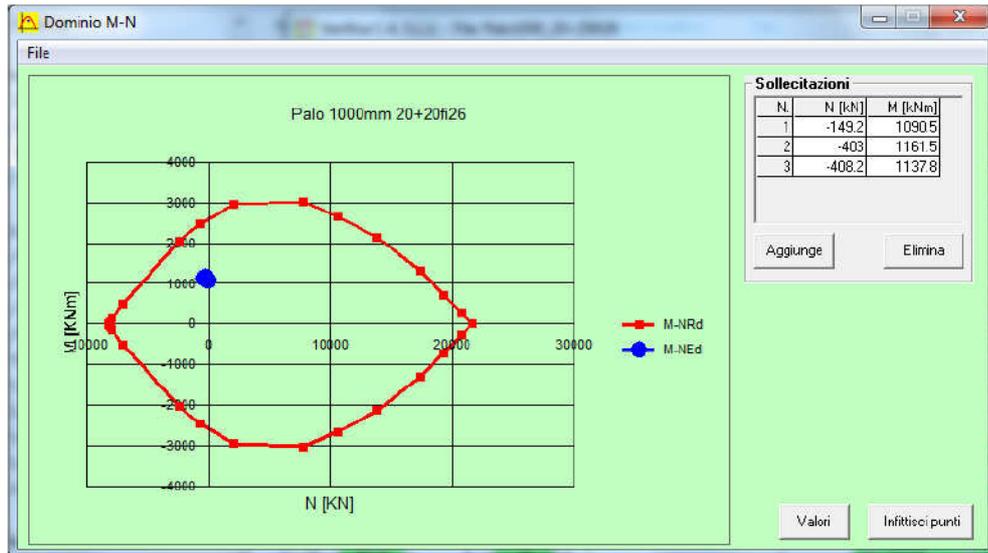
Tipo flessione
 Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀: 0 cm Col. modello
 Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo



Da tali elaborazioni risulta che la verifica è soddisfatta.

- Palo lato valle

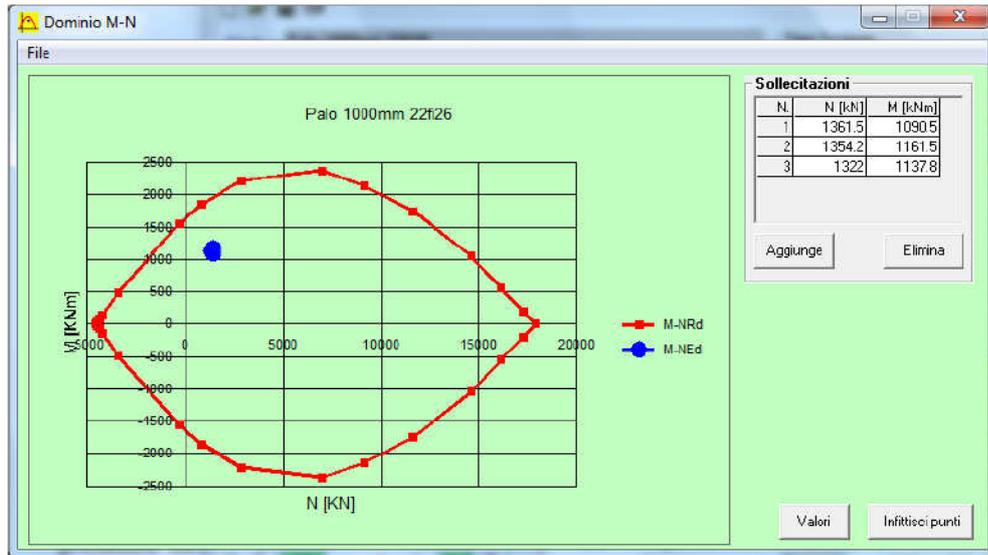
Figure 2: Software interface for the verification of a circular hollow pile. The following table summarizes the key input parameters and material properties shown in the interface.

Parameter	Value	Unit
Section Type	Circolare	
External Radius	50	cm
Internal Radius	0	cm
Number of Bars	22	
Bar Diameter	2.6	cm
Cover (baric.)	8.5	cm
Material (Steel)	B450C	
Material (Concrete)	C30/37	
ϵ_{su}	67.5	%
ϵ_{c2}	2	%
f_{yd}	391.3	N/mm ²
ϵ_{cu}	3.5	%
E_s	200 000	N/mm ²
f_{cd}	17	
E_s/E_c	15	
f_{cc}/f_{cd}	0.8	
ϵ_{syd}	1.957	%
$\sigma_{c,adm}$	11.5	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm ²
τ_{co}	0.6933	
τ_{c1}	2.029	
Design Moment (M_{xRd})	1 645	kN m
Design Normal Force (N)	-17	N/mm ²
Design Stress (σ_s)	391.3	N/mm ²
Design Strain (ϵ_c)	3.5	%
Design Strain (ϵ_s)	9.295	%
Design Diameter (d)	91.5	cm
Design Position (x)	25.03	
Design Position (x/d)	0.2735	
Design Strain (δ)	0.7819	

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo



Da tali elaborazioni risulta che la verifica è soddisfatta.

10.7.1.2 SLU, SLV – Taglio

Il calcolo del taglio resistente per il singolo palo è stato eseguito seguendo le indicazioni riportate al § 4.1.2.1.3.2 delle NTC per elementi con armature trasversali resistenti al taglio.

Per equiparare la sezione circolare dei pali in oggetto ad una sezione rettangolare equivalente si è proceduto come illustrato al § 7.9.5.2.2 delle NTC in materia di progettazione di ponti in zona sismica: “In assenza di calcoli più accurati, per sezioni circolari di calcestruzzo di raggio r in cui l’armatura sia distribuita su una circonferenza di raggio r_s , l’altezza utile della sezione ai fini del calcolo della resistenza al taglio può essere calcolata come

$$d = r + \frac{2r}{\pi} \quad (7.9.11)$$

Il braccio delle forze interne può essere assunto pari a $z = 0.9d$.”

Nel caso in esame ne consegue che $d = r + \frac{2r}{\pi} = 500 + \frac{2 \times 500}{\pi} = 818 \text{ mm}$.

Dal momento che la norma italiana non fornisce indicazioni sulla larghezza equivalente da considerare per la verifica a taglio, è stata assunta come riferimento la norma ACI 318 “Building Code Requirements for Reinforced Concrete” dell’American Concrete Institute, che pone tale dimensione pari al diametro del palo.

Il calcolo del taglio resistente della sezione armata è riportato nel seguito.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Verifica di sezione rettangolare c.c.a.n. staffata soggetta a taglio semplice							
Dati							
b	1000	mm	larghezza dell'anima resistente a taglio				
h	818	mm	altezza				
d	818	mm	altezza utile				
fck	30	N/mmq	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo				
fyd	391	N/mmq	resistenza di progetto dell'acciaio				
fcd	17.00	N/mmq	resistenza di progetto del calcestruzzo				
f'cd	8.50	N/mmq	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima				
Asl	0	mmq	armatura longitudinale				
k	1.49		fattore di ingranamento				
vmin	0.35	N/mmq	tensione resistente minima				
pl	0.0000		rapporto geom. di armatura longit.				
Ned	0	N	sforzo di compressione di progetto nella sezione				
σcp	0.00	N/mmq	tensione media di compressione nella sezione				
αc	1.00		coefficiente maggiorativo				
Resist. a taglio della trave							
Ast (mmq)	s (mm)	ctgθcalc	ctgθ	rottura	Vrd3=V _{Rsd} (kN)	Vrd2=V _{Re} d (kN)	Vrd (kN)
226	200	4.271	2.500	duttile lato acc	813.19	2157.83	813.19

Tale valore risulta superiore alla azione di taglio sollecitante (vedi Tabella 5, Tabella 13 e Tabella 15).

10.7.1.3 SLE – Pressoflessione e fessurazione

Per le sollecitazioni di calcolo si rimanda a Tabella 7, Tabella 9 e Tabella 11.

- Combinazione caratteristica: verifica tensioni.

I valori limite delle tensioni sono i seguenti, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5):

- tensione massima di compressione del calcestruzzo $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$ (par. 4.1.2.2.5.1 NTC);
- tensione massima di trazione nell'acciaio $\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360.0 \text{ MPa}$ (par. 4.1.2.2.5.2 NTC).

Le verifiche sono riportate nel seguito e risultano soddisfatte.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

- o Palo di monte:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Palo1000_20+20fi26_caratt

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

Titolo : Palo 1000mm 20+20fi26

Sezione circolare cava

Raggio esterno 50 [cm]
 Raggio interno 0 [cm]
 N° barre uguali 20
 Diametro barre 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.) 8.5 [cm]

N° barre 20 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5.31	5.68	35.85
2	5.31	16.48	32.34
3	5.31	25.67	25.67
4	5.31	32.34	16.48
5	5.31	35.85	5.68
6	5.31	35.85	-5.68

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 -96.1 kN
 M_{xEd} 0 820.3 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

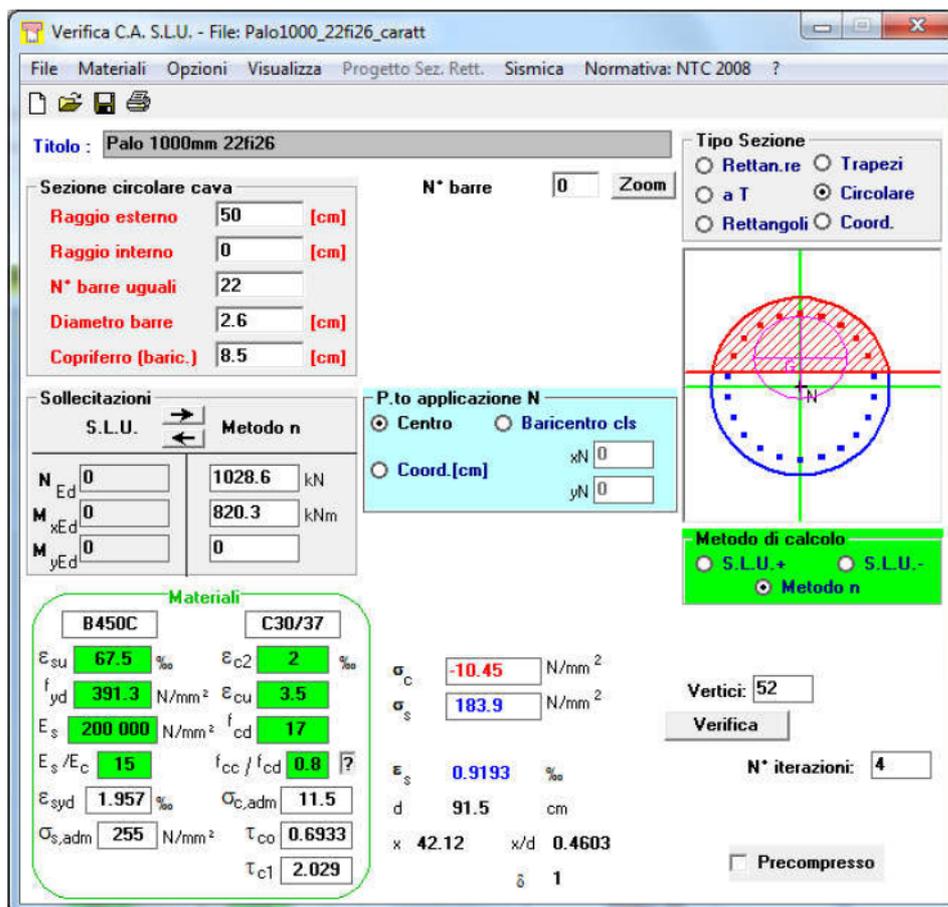
Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C30/37
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

σ_c -7.908 N/mm²
 σ_s 179.6 N/mm²
 ε_s 0.898 ‰
 d 91.5 cm
 x 36.4 x/d 0.3978
 δ 0.9372

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 3
 Precompresso

- o Palo di valle:



- Combinazione frequente: verifica fessurazione

Il valore limite di apertura delle fessure, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5), è pari a $w = w_2 = 0.3$ mm.

Con riferimento alla tabella C4.1.II della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, il valore massimo $\sigma_{s,max}$ della tensione nell'acciaio per il controllo della fessurazione, in relazione al diametro delle barre resistenti impiegate ovvero $\varnothing 26$ mm, è pari a $\sigma_s = 194.3$ MPa.

Nel seguito si riporta la verifica delle tensioni nell'acciaio da cui si desume che la verifica è soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

- o Palo di monte:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Palo1000_20+20fi26_freq

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

Titolo: Palo 1000mm 20+20fi26

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 50 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 20
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 8.5 [cm]

N° barre: 20 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5.31	5.68	35.85
2	5.31	16.48	32.34
3	5.31	25.67	25.67
4	5.31	32.34	16.48
5	5.31	35.85	5.68
6	5.31	35.85	-5.68

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 -32.2 kN
 M_{xEd}: 0 745.9 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 C30/37

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

σ_c: -7.217 N/mm²
 σ_s: 160.4 N/mm²
 ε_s: 0.8019 ‰
 d: 91.5 cm
 x: 36.88 x/d: 0.403
 δ: 0.9438

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 3
 Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

- o Palo di valle:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Palo1000_22fi26_freq

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

Titolo: Palo 1000mm 22fi26

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 50 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 22
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 8.5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 964.7 kN
 M_{xEd}: 0 745.9 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 C30/37

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

sigma_c: -9.504 N/mm²
 sigma_s: 164.7 N/mm²
 epsilon_s: 0.8235 ‰
 d: 91.5 cm
 x: 42.46 x/d: 0.464
 delta: 1

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

- **Combinazione quasi permanente:** verifica tensioni e fessurazione

I valori limite di tensioni ed apertura delle fessure sono i seguenti, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5):

- tensione massima di compressione del calcestruzzo $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 13.5 \text{ MPa}$ (par. 4.1.2.2.5.1 NTC);
- valore limite di apertura delle fessure, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5), è pari a $w = w_1 = 0.2 \text{ mm}$.

Le verifiche sono riportate nel seguito e risultano soddisfatte.

- Palo di monte:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Palo1000_20+20fi26_gp

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

Titolo: Palo 1000mm 20+20fi26

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 50 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 20
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 8.5 [cm]

N° barre: 20 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5.31	5.68	35.85
2	5.31	16.48	32.34
3	5.31	25.67	25.67
4	5.31	32.34	16.48
5	5.31	35.85	5.68
6	5.31	35.85	-5.68

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

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n

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

Proprietà	B450C	C30/37
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm²	f_{cd} 17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co} 0.6933
		τ_{c1} 2.029

σ_c : -6.763 N/mm²
 σ_s : 147.7 N/mm²
 ϵ_s : 0.7383 ‰
 d: 91.5 cm
 x: 37.26 x/d: 0.4072
 δ : 0.949

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 3
 Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Foglio di calcolo fessurazione sezione circolare

Materiali

Calcestruzzo

$E_{cm} =$	32837	MPa	Modulo elastico CLS
$f_{ctm} =$	2.896	MPa	Valore medio della resistenza a trazione CLS

Acciaio

$E_s =$	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
---------	--------	-----	-------------------------

Geometria sezione

R =	50	cm	Raggio della sezione
-----	----	----	----------------------

Armatura

Strato 1	$n_1 =$	20	$\varnothing 1$	26	$c_1 =$	8.5	cm
Strato 2	$n_2 =$	20	$\varnothing 2$	26	$c_2 =$	13.7	cm
Strato 3	$n_3 =$	2	$\varnothing 3$	0	$c_3 =$	20	cm

Sollecitazioni

N =	-11	kN	Positivo se di trazione
M =	696.9	kNm	Positivo se tende le fibre inferiori

Risultati e calcolo della fessurazione

$\sigma_c =$	6.76	MPa	Tensione di compressione nel CLS da programma VcaSLU
$\sigma_s =$	147.7	MPa	Massima tensione nelle barre da programma VcaSLU
x =	37.3	cm	Distanza asse neutro dalla fibra compressa da progr. VcaSLU
d =	91.5	cm	Altezza utile della sezione
$h_{c,eff} =$	20.91	cm	Altezza efficace della sezione
$A_{c,eff} =$	1191.9	cm ²	Area efficace di CLS teso
$A_s =$	53.1	cm ²	Area di barre tese
$\rho_{p,eff} =$	0.045	-	
$\alpha_e =$	6.4	-	Rapporto E_s/E_{cm} (par. C4.1.2.2.4.6 Istruzioni NTC2008)
$k_t =$	0.4	-	Coefficiente di durata del carico
$\epsilon_{sm} =$	0.0005442	-	Deformazione unitaria media delle barre
$k_1 =$	0.8	-	
$k_2 =$	0.5	-	
$k_3 =$	3.4	-	
$k_4 =$	0.425	-	
c =	72	mm	Ricoprimento netto della barra
$\phi_{eq} =$	26	mm	
$s_{r,max} =$	344.0	mm	Distanza massima fra le fessure
$w_k =$	0.187	mm	Apertura di calcolo della fessura

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

- o Palo di valle:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Palo1000_22f26_qp

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

Titolo : Palo 1000mm 22f26

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 50 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N* barre uguali: 22
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 8.5 [cm]

N* barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 921.5 kN
 M_{xEd}: 0 696.9 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 C30/37

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

σ_c: -8.879 N/mm²
 σ_s: 152.2 N/mm²
 ε_s: 0.7609 ‰
 d: 91.5 cm
 x: 42.7 x/d: 0.4667
 δ: 1

Vertici: 52
 N* iterazioni: 4
 Precompresso

Foglio di calcolo fessurazione sezione circolare

Materiali

Calcestruzzo

E _{cm} =	32837	MPa	Modulo elastico CLS
f _{ctm} =	2.896	MPa	Valore medio della resistenza a trazione CLS

Acciaio

E _s =	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
------------------	--------	-----	-------------------------

Geometria sezione

R=	50	cm	Raggio della sezione
----	----	----	----------------------

Armatura

Strato 1	n1=	22	∅1	26	c1=	8.5	cm
Strato 2	n2=	2	∅2	0	c2=	13.7	cm
Strato 3	n3=	2	∅3	0	c3=	20	cm

Sollecitazioni

N=	-921.5	kN	Positivo se di trazione
M=	696.9	kNm	Positivo se tende le fibre inferiori

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Risultati e calcolo della fessurazione			
σ_c	8.88	MPa	Tensione di compressione nel CLS da programma VcaSLU
σ_s	152.2	MPa	Massima tensione nelle barre da programma VcaSLU
x	42.7	cm	Distanza asse neutro dalla fibra compressa da progr. VcaSLU
d	91.5	cm	Altezza utile della sezione
$h_{c,eff}$	19.10	cm	Altezza efficace della sezione
$A_{c,eff}$	1046.9	cm ²	Area efficace di CLS teso
A_s	26.5	cm ²	Area di barre tese
$\rho_{p,eff}$	0.025	-	
α_e	6.4	-	Rapporto E_s/E_{cm} (par. C4.1.2.2.4.6 Istruzioni NTC2008)
k_t	0.4	-	Coefficiente di durata del carico
ϵ_{sm}	0.000472	-	Deformazione unitaria media delle barre
k_1	0.8	-	
k_2	0.5	-	
k_3	3.4	-	
k_4	0.425	-	
c	72	mm	Ricoprimento netto della barra
ϕ_{eq}	26	mm	
$s_{r,max}$	419.1	mm	Distanza massima fra le fessure
w_k	0.198	mm	Apertura di calcolo della fessura

10.7.1.4 SLE – Spostamenti

Gli spostamenti ottenuti per i pali di consolidamento sono indicati in Figura 32, Figura 36 e Figura 40 e sono ritenuti compatibili con la funzionalità dell'opera.

10.7.2 Paramento verticale – sezione di base di spessore 75 cm

10.7.2.1 SLU, SLV – Pressoflessione

Le verifiche a pressoflessione è stata condotta mediante il programma Vca SLU del Prof. Gelfi, con riferimento:

- alle caratteristiche dei materiali indicati al capitolo 5;
- alle caratteristiche geometriche della sezione: spessore di base del paramento = 750 mm;
- all'armatura prevista:
 - lato valle:
 - armatura corrente verticale: Ø12/20cm;
 - armatura di ripartizione orizzontale Ø12/20cm;
 - copriferro 4 cm;

- lato monte:
 - armatura corrente verticale: $\varnothing 18/20\text{cm}$;
 - armatura di ripartizione orizzontale $\varnothing 12/20\text{cm}$;
 - copriferro 4 cm.

Nel seguito sono riportati:

- i dati di input per le verifiche (schermata del programma Vca SLU);
- il dominio di resistenza e le coppie M-N da elaborazioni (vedi Tabella 16).

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

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

Titolo: Sezione base paramento

N* figure elementari: 1 Zoom N* strati barre: 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm ²]	d [cm]
1	100	75	1	5.65	5.8
			2	12.72	68.9

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 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C30/37

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

M_{xRd} 338.3 kN m

σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 50.58 ‰
d 68.9 cm
x 4.459 x/d 0.06472
δ 0.7

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

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N* rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

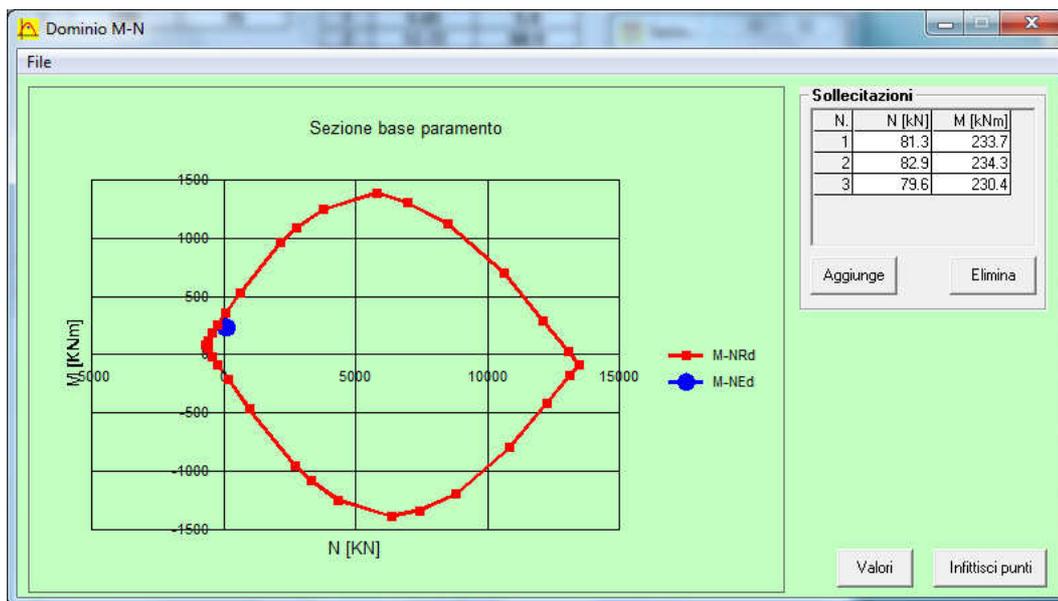
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo



Da tali elaborazioni risulta che la verifica è soddisfatta.

10.7.2.2 SLU, SLV – Taglio

Nel seguito si riporta la verifica a taglio della sezione di base del paramento verticale sulla base di quanto previsto dal DM 14/01/2008 al paragrafo 4.1.2.1.3.1 inerente gli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio.

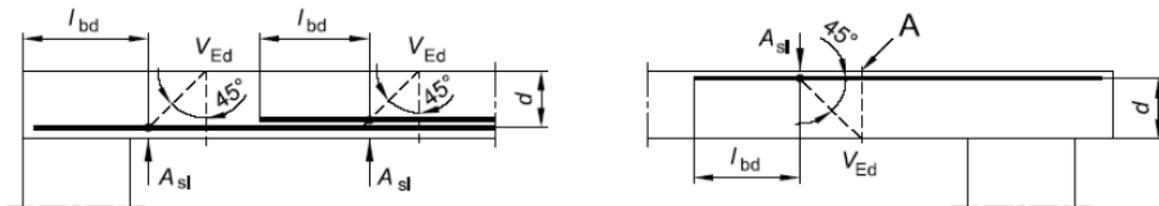
Da tale verifica si nota come V_{Rd} risulta superiore al massimo valore del taglio sollecitante (vedi Tabella 16); la verifica risulta pertanto soddisfatta.

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE		
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	140.27 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.54 [-]
		1.54 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0018467 [-]
		0.0018467 [-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	225.12 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	252.12 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	252.12 [kN]

10.7.2.3 SLE – Pressoflessione e fessurazione

Per le sollecitazioni di calcolo si rimanda alla Tabella 17.

- Combinazione caratteristica: verifica tensioni.

I valori limite delle tensioni sono i seguenti, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5):

- tensione massima di compressione del calcestruzzo $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$ (par. 4.1.2.2.5.1 NTC);
- tensione massima di trazione nell'acciaio $\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360.0 \text{ MPa}$ (par. 4.1.2.2.5.2 NTC).

La verifica è riportata nel seguito e risulta soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Titolo: Sezione base paramento

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	75

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5.8
2	12.72	68.9

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 81.3 kN
M_{xEd} 0 176.3 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

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

Materiali

B450C		C30/37	
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200 000 N/mm²	f _{cd}	17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	11.5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6933
		τ _{c1}	2.029

Metodo di calcolo

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

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

σ_c -3.73 N/mm²
σ_s 185.8 N/mm²
ε_s 0.9288 ‰
d 68.9 cm
x 15.95 x/d 0.2315
δ 0.7294

- Combinazione frequente: verifica fessurazione

Il valore limite di apertura delle fessure, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5), è pari a $w = w_2 = 0.3 \text{ mm}$.

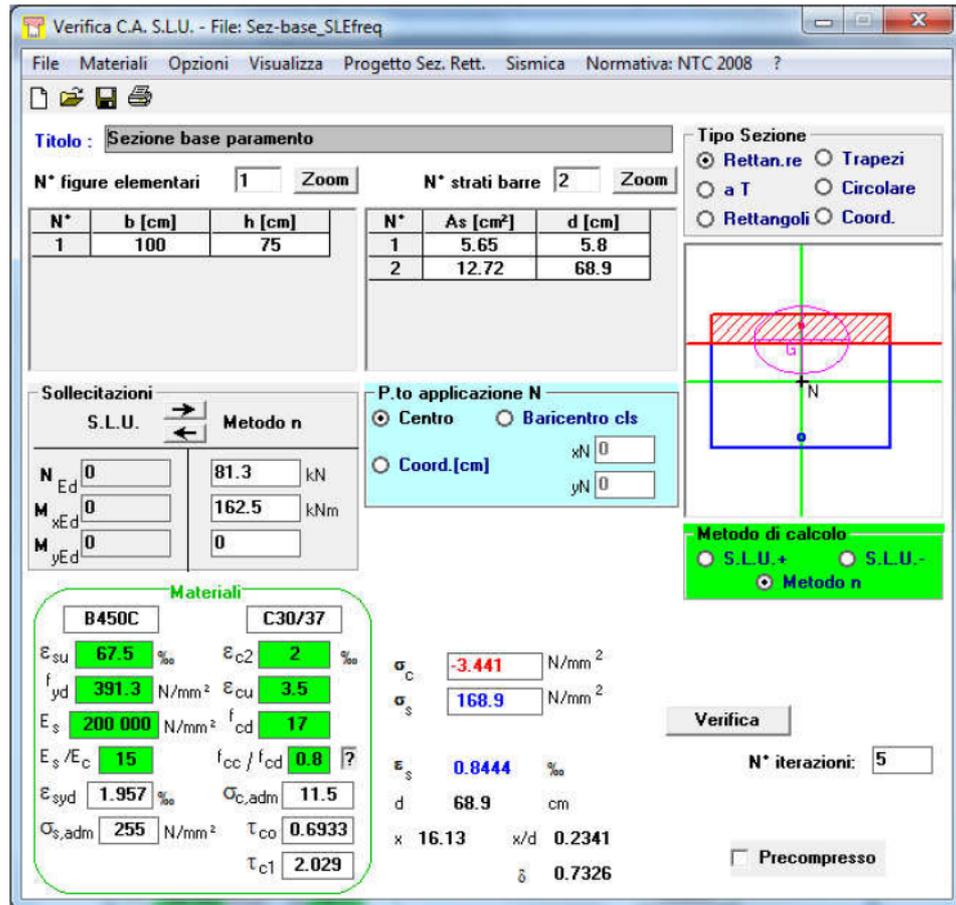
Con riferimento alla tabella C4.1.II della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, il valore massimo $\sigma_{s,max}$ della tensione nell'acciaio per il controllo della fessurazione, in relazione al diametro delle barre resistenti impiegate ovvero $\varnothing 18\text{mm}$, è pari a $\sigma_s = 231 \text{ MPa}$.

Nel seguito si riporta la verifica delle tensioni nell'acciaio da cui si desume che la verifica è soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo



- Combinazione quasi permanente: verifica tensioni e fessurazione

I valori limite di tensioni ed apertura delle fessure sono i seguenti, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5):

- tensione massima di compressione del calcestruzzo $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 13.5$ MPa (par. 4.1.2.2.5.1 NTC);
- valore limite di apertura delle fessure, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5), è pari a $w = w_1 = 0.2$ mm; con riferimento alla tabella C4.1.II della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, il valore massimo $\sigma_{s,max}$ della tensione nell'acciaio per il controllo della fessurazione, in relazione al diametro delle barre resistenti impiegate ovvero $\varnothing 18$ mm, è pari a $\sigma_s = 191.1$ MPa.

Nel seguito si riporta la verifica delle tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio da cui si desume che le verifiche sono soddisfatte.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

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

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

Titolo : Sezione base paramento

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	75	1	5.65	5.8
			2	12.72	68.9

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

Solllecitazioni
 S.L.U. → Metodo n
 ← S.L.U.

N_{Ed} 0 81.3 kN
 M_{xEd} 0 153.4 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Materiali
 B450C C30/37
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

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

Verifica
 N° iterazioni: 5
 Precompresso

σ_c -3.25 N/mm²
 σ_s 157.8 N/mm²
 ε_s 0.7888 ‰
 d 68.9 cm
 x 16.26 x/d 0.236
 δ 0.7351

10.7.3 Paramento verticale – sezione intermedia di spessore 50 cm

10.7.3.1 SLU, SLV – Pressoflessione

Le verifiche a pressoflessione è stata condotta mediante il programma Vca SLU del Prof. Gelfi, con riferimento:

- alle caratteristiche dei materiali indicati al capitolo 5;
- alle caratteristiche geometriche della sezione: spessore del paramento = 500 mm;
- alle azioni di calcolo riportate in Tabella 18;
- all'armatura prevista:
 - lato valle:
 - armatura corrente verticale: Ø12/20cm;
 - armatura di ripartizione orizzontale Ø12/20cm;
 - copriferro 4 cm;
 - lato monte:
 - armatura corrente verticale: Ø16/20cm;

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

- armatura di ripartizione orizzontale $\varnothing 12/20\text{cm}$;
- copriferro 4 cm.

Nel seguito è riportata la determinazione del momento resistente trascurando, cautelativamente, lo sforzo normale.

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

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

Titolo: Sezione intermedia paramento

N* figure elementari: 1 Zoom N* strati barre: 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N*	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5.8
2	10.05	44

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata

Materiali: B450C C30/37

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

M_{xRd}: 173.2 kNm
σ_c: -17 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 34.35 ‰
d: 44 cm
x: 4.069 x/d: 0.09248
δ: 0.7

N* rett.: 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello
Precompresso

Da tali elaborazioni risulta che la verifica è soddisfatta.

10.7.3.2 SLU, SLV – Taglio

Nel seguito si riporta la verifica a taglio della sezione di base del paramento verticale sulla base di quanto previsto dal DM 14/01/2008 al paragrafo 4.1.2.1.3.1 inerente gli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio.

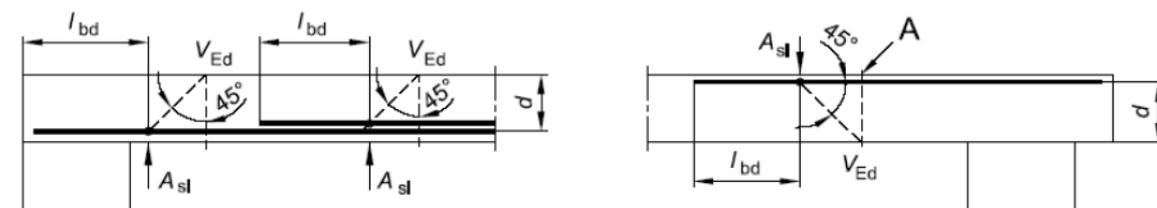
Da tale verifica si nota come V_{Rd} risulta superiore al massimo valore del taglio sollecitante (vedi Tabella 18); la verifica risulta pertanto soddisfatta.

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE			
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	50.5	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.67	[-]
		1.67	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0022848	[-]
		0.0022848	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	167.92	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	182.72	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	182.72	[kN]

10.7.3.3 SLE – Pressoflessione e fessurazione

Per le sollecitazioni di calcolo si rimanda alla Tabella 19; cautelativamente nelle verifiche si trascura lo sforzo normale.

- Combinazione caratteristica: verifica tensioni.
I valori limite delle tensioni sono riportati al paragrafo 10.7.2.3.

La verifica è riportata nel seguito e risulta soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez-intermedia-SLEcaratt

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

Titolo: Sezione intermedia paramento

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5.8
2	10.05	44

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 38.1 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

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

Materiali

B450C	C30/37
ε _{su} 67.5 ‰	ε _{c2} 2 ‰
f _{yd} 391.3 N/mm²	ε _{cu} 3.5 ‰
E _s 200 000 N/mm²	f _{cd} 17
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0.8
ε _{syd} 1.957 ‰	σ _{c,adm} 11.5
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0.6933
	τ _{c1} 2.029

Metodo di calcolo

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

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

σ_c -1.788 N/mm²
σ_s 93.46 N/mm²
ε_s 0.4673 ‰
d 44 cm
x 9.812 x/d 0.223
δ 0.7188

- Combinazione frequente: verifica fessurazione

Il valore limite di apertura delle fessure, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5), è pari a $w = w_2 = 0.3 \text{ mm}$.

Con riferimento alla tabella C4.1.II della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, il valore massimo $\sigma_{s,max}$ della tensione nell'acciaio per il controllo della fessurazione, in relazione al diametro delle barre resistenti impiegate ovvero $\varnothing 16\text{mm}$, è pari a $\sigma_s = 240 \text{ MPa}$.

Nel seguito si riporta la verifica delle tensioni nell'acciaio da cui si desume che la verifica è soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The title bar indicates the file name 'Sez-intermedia-SLEfreq'. The menu bar includes 'File', 'Materiali', 'Opzioni', 'Visualizza', 'Progetto Sez. Rett.', 'Sismica', and 'Normativa: NTC 2008'. The main window is titled 'Sezione intermedia paramento'. It contains several input fields and tables for defining the section and its properties.

Input Parameters:

- Tipo Sezione: Rettang.re, Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord.
- N° figure elementari: 1, Zoom: []
- N° strati barre: 2, Zoom: []
- Table 1:

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50
- Table 2:

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5.8
2	10.05	44
- Sollecitazioni: S.L.U. (selected) / Metodo n
- N_{Ed}: 0, M_{xEd}: 0, M_{yEd}: 0
- P.to applicazione N: Centro, Baricentro cls, Coord.[cm]
- Metodo di calcolo: S.L.U.+, S.L.U.-, Metodo n

Material Properties (B450C and C30/37):

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

Calculation Results:

- σ_c : -1.647 N/mm²
- σ_s : 86.1 N/mm²
- ϵ_s : 0.4305 ‰
- d: 44 cm
- x: 9.812, x/d: 0.223
- δ : 0.7188

Verification: Verifica button, N° iterazioni: 5, Precompresso

- Combinazione quasi permanente: verifica tensioni e fessurazione

I valori limite di tensioni ed apertura delle fessure sono i seguenti, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5):

- tensione massima di compressione del calcestruzzo $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 13.5$ MPa (par. 4.1.2.2.5.1 NTC);
- valore limite di apertura delle fessure, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5), è pari a $w = w_1 = 0.2$ mm; con riferimento alla tabella C4.1.II della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, il valore massimo $\sigma_{s,max}$ della tensione nell'acciaio per il controllo della fessurazione, in relazione al diametro delle barre resistenti impiegate ovvero $\varnothing 16$ mm, è pari a $\sigma_s = 200$ MPa.

Nel seguito si riporta la verifica delle tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio da cui si desume che le verifiche sono soddisfatte.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The title bar reads 'Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez-intermedia-SLEqp'. The menu bar includes 'File', 'Materiali', 'Opzioni', 'Visualizza', 'Progetto Sez. Rett.', 'Sismica', and 'Normativa: NTC 2008'. The main window is divided into several sections:

- Titolo:** Sezione intermedia paramento
- N° figure elementari:** 1 (Zoom)
- N° strati barre:** 2 (Zoom)
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5.8
2	10.05	44
- Sollecitazioni:** S.L.U. (selected) / Metodo n.
 - N_{Ed}: 0 kN
 - M_{xEd}: 0 kNm
 - M_{yEd}: 0 kNm
- P.to applicazione N:** Centro (selected)
 - Baricentro cls (radio button)
 - Coord.[cm] (radio button)
 - xN: 0
 - yN: 0
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+, S.L.U.-, Metodo n (selected)
- Materiali:**
 - B450C: ϵ_{su} 67.5‰, f_{yd} 391.3 N/mm², E_s 200 000 N/mm², E_s/E_c 15, ϵ_{syd} 1.957‰, $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²
 - C30/37: ϵ_{c2} 2‰, ϵ_{cu} 3.5‰, f_{cd} 17, f_{cc}/f_{cd} 0.8, $\sigma_{c,adm}$ 11.5, τ_{co} 0.6933, τ_{c1} 2.029
- Results:**
 - σ_c : -1.554 N/mm²
 - σ_s : 81.2 N/mm²
 - ϵ_s : 0.406‰
 - d: 44 cm
 - x: 9.812, x/d: 0.223
 - δ : 0.7188
- Buttons:** Verifica, N° iterazioni: 5, Precompresso

10.7.4 Soletta

10.7.4.1 SLU, SLV –Flessione

Le verifiche a flessione è stata condotta mediante il programma Vca SLU del Prof. Gelfi, con riferimento ad una striscia di soletta di lunghezza unitaria ed in base:

- alle caratteristiche dei materiali indicati al capitolo 5;
- alle caratteristiche geometriche della sezione: spessore della soletta = 1000 mm;
- all'armatura prevista lungo la direzione trasversale oggetto del calcolo:
 - intradosso ed estradosso:
 - armatura corrente: $\varnothing 16/20$ cm.
 - copriferro 4 cm;

Nel seguito si riporta la determinazione del momento resistente della sezione, che risulta superiore ai valori riportati in Tabella 20; la verifica risulta pertanto soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The title bar indicates the file is 'Soletta'. The menu bar includes File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, and Normativa: NTC 2008. The main window is divided into several sections:

- Titolo:** Soletta
- N° figure elementari:** 1 (Zoom)
- N° strati barre:** 2 (Zoom)
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	4.8
2	10.05	95.2
- Tipo Sezione:**
 - Rettan.re
 - Trapezi
 - a T
 - Circolare
 - Rettangoli
 - Coord.
- Sollecitazioni:**
 - S.L.U. (selected) / Metodo n
 - N_{Ed}: 0 kN
 - M_{xEd}: 0 kNm
 - M_{yEd}: 0 kNm
- P.to applicazione N:**
 - Centro
 - Baricentro cls
 - Coord.[cm] (xN: 0, yN: 0)
- Tipo rottura:** Lato acciaio - Acciaio snervato
- Metodo di calcolo:**
 - S.L.U.+
 - S.L.U.-
 - Metodo n
- Tipo flessione:**
 - Fletta
 - Deviata
- Materiali:**
 - B450C:** E_{su}: 67.5‰, f_{yd}: 391.3 N/mm², E_s: 200 000 N/mm², E_s/E_c: 15, E_{syd}: 1.957‰, σ_{s,adm}: 255 N/mm²
 - C30/37:** ε_{c2}: 2‰, ε_{cu}: 3.5‰, f_{cd}: 17, f_{cc}/f_{cd}: 0.8, σ_{c,adm}: 11.5, τ_{co}: 0.6933, τ_{c1}: 2.029
- Calculated Values:**
 - M_{xRd}: 372.1 kNm
 - σ_c: -17 N/mm²
 - σ_s: 391.3 N/mm²
 - ε_c: 2.912‰
 - ε_s: 67.5‰
 - d: 95.2 cm
 - x: 3.937, x/d: 0.04136
 - δ: 0.7
- Buttons:** Calcola MRd, Dominio M-N, L₀: 0 cm, Col. modello, Precompresso (unchecked)

10.7.4.2 SLU, SLV – Taglio

Nel seguito si riporta la verifica a taglio della sezione di base del paramento verticale sulla base di quanto previsto dal DM 14/01/2008 al paragrafo 4.1.2.1.3.1 inerente gli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio.

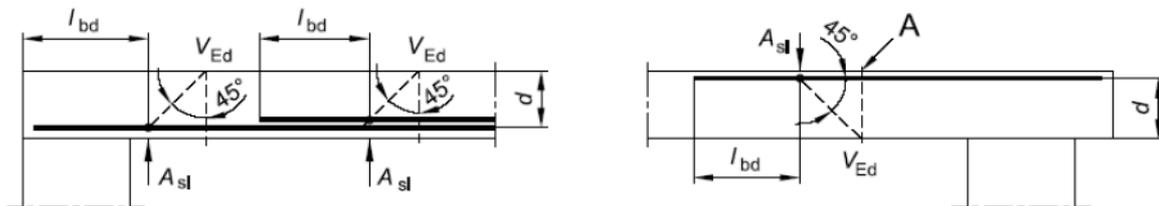
Da tale verifica si nota come V_{Rd} risulta superiore al massimo valore del taglio sollecitante (vedi Tabella 20); la verifica risulta pertanto soddisfatta.

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE		
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	234.78 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.46 [-]
		1.46 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.001056 [-]
		0.001056 [-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	244.69 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	321.41 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	321.41 [kN]

10.7.4.3 SLE – Flessione e fessurazione

Per le sollecitazioni di calcolo si rimanda alla Tabella 21.

- Combinazione caratteristica: verifica tensioni.

I valori limite di tensioni sono i seguenti, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5):

- tensione massima di compressione del calcestruzzo $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 18.0$ MPa (par. 4.1.2.2.5.1 NTC);
- tensione massima di trazione nell'acciaio $\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360.0$ MPa (par. 4.1.2.2.5.2 NTC).

La verifica è riportata nel seguito e risulta soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The title bar indicates the file is 'Soletta_SLEcaratt'. The main window contains several panels:

- Titolo:** Soletta
- N° figure elementari:** 1
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	4.8
2	10.05	95.2
- Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n.
 - N_{Ed}: 0 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, E_s/E_c 15, ε_{syd} 1.957‰, σ_{s,adm} 255 N/mm²
 - C30/37:** ε_{c2} 2‰, ε_{cu} 3.5‰, f_{cd} 17, f_{cc}/f_{cd} 0.8, σ_{c,adm} 11.5, τ_{co} 0.6933, τ_{c1} 2.029
- P.to applicazione N:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm]. xN: 0, yN: 0.
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n.
- Results:**
 - σ_c: -2.353 N/mm²
 - σ_s: 194.7 N/mm²
 - ε_s: 0.9737‰
 - d: 95.2 cm
 - x: 14.61, x/d: 0.1535
 - δ: 0.7
- Verifica:** N° iterazioni: 5
- Precompresso:** (unchecked)

- Combinazione frequente: verifica fessurazione

Il valore limite di apertura delle fessure, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5), è pari a $w = w_2 = 0.3 \text{ mm}$.

Con riferimento alla tabella C4.1.II della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, il valore massimo $\sigma_{s,max}$ della tensione nell'acciaio per il controllo della fessurazione, in relazione al diametro delle barre resistenti impiegate ovvero $\varnothing 16\text{mm}$, è pari a $\sigma_s = 240 \text{ MPa}$.

Nel seguito si riporta la verifica delle tensioni nell'acciaio da cui si desume che la verifica è soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The title bar indicates the file is 'Soletta_SLEfreq'. The menu bar includes File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, and Normativa: NTC 2008. The main window is divided into several sections:

- Titolo:** Soletta
- N° figure elementari:** 1 (Zoom)
- N° strati barre:** 2 (Zoom)
- Table 1:**

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	100
- Table 2:**

N*	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	4.8
2	10.05	95.2
- Tipo Sezione:**
 - Rettang. re
 - Trapezi
 - a T
 - Circolare
 - Rettangoli
 - Coord.
- Sollecitazioni:**
 - S.L.U. (selected) / Metodo n
 - N_{Ed}: 0 kN
 - M_{xEd}: 0 kNm
 - M_{yEd}: 0 kNm
- P.to applicazione N:**
 - Centro
 - Baricentro cls
 - Coord.[cm] (xN: 0, yN: 0)
- Materiali:**
 - B450C:** ε_{su}: 67.5‰, f_{yd}: 391.3 N/mm², E_s: 200 000 N/mm², E_s/E_c: 15, ε_{syd}: 1.957‰, σ_{s,adm}: 255 N/mm²
 - C30/37:** ε_{c2}: 2‰, ε_{cu}: 3.5‰, f_{cd}: 17 N/mm², f_{cc}/f_{cd}: 0.8, σ_{c,adm}: 11.5 N/mm², τ_{co}: 0.6933, τ_{c1}: 2.029
- Calcolo Results:**
 - σ_c: -2.267 N/mm²
 - σ_s: 187.6 N/mm²
 - ε_s: 0.9379‰
 - d: 95.2 cm
 - x: 14.61, x/d: 0.1535
 - δ: 0.7
- Verifica:**
 - Metodo di calcolo: S.L.U.+ / S.L.U.- / Metodo n
 - N° iterazioni: 5
 - Precompresso

- Combinazione quasi permanente: verifica tensioni e fessurazione

I valori limite di tensioni ed apertura delle fessure sono i seguenti, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5):

- tensione massima di compressione del calcestruzzo $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 13.5 \text{ MPa}$ (par. 4.1.2.2.5.1 NTC);
- valore limite di apertura delle fessure, sulla base dei materiali impiegati (capitolo 5), è pari a $w = w_1 = 0.2 \text{ mm}$; con riferimento alla tabella C4.1.II della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, il valore massimo $\sigma_{s,max}$ della tensione nell'acciaio per il controllo della fessurazione, in relazione al diametro delle barre resistenti impiegate ovvero $\varnothing 16 \text{ mm}$, è pari a $\sigma_s = 200 \text{ MPa}$.

Nel seguito si riporta la verifica delle tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio da cui si desume che le verifiche sono soddisfatte.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

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

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

TITOLO : Soletta

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	4.8
2	10.05	95.2

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 166 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		C30/37	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm ²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8 ?
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

σ_c -2.21 N/mm²
 σ_s 182.8 N/mm²
 ϵ_s 0.9142 ‰
d 95.2 cm
x 14.61 x/d 0.1535
 δ 0.7

Verifica
N° iterazioni: 5

Precompresso

10.8 VERIFICHE GEOTECNICHE (GEO)

10.8.1 Capacità portante del palo singolo soggetto a carichi assiali

10.8.1.1 Criteri di calcolo

Nel seguito si riportano i criteri di calcolo adottati per la stima della capacità portante di un palo soggetto a carichi assiali di compressione.

Il calcolo viene condotto secondo i seguenti approcci con riferimento al DM 14/01/2008 Par.6.4.3:

- Approccio 2: combinazione A1+M1+R3;

e con riferimento alla seguente bibliografia:

- AGI – Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984).

La resistenza di progetto a compressione dei pali soggetti a carichi assiali è pari a:

$$R_{c,d} = \left(\frac{R_{cs,k}}{\gamma_s} + \frac{R_{cb,k}}{\gamma_b} \right)$$

con:

- $R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$
- ξ_3 e ξ_4 : coefficienti che dipendono dal numero di verticali di indagini considerate per la singola opera, sulla base dell'affidabilità della caratterizzazione geotecnica nel volume significativo (tab. 6.4.IV NTC).

I coefficienti parziali per azioni, parametri geotecnici e resistenze caratteristiche sono dedotti dal DM 14/01/2008 (paragrafo 10.3).

Nel caso in esame si farà riferimento a:

- pali: tipo trivellati;
- numero di indagini disponibili al fine della determinazione dei coefficienti ξ : 3.

I terreni interessati dai pali sono a prevalentemente comportamento coesivo; di conseguenza, con riferimento alle Raccomandazioni AGI sui pali di fondazione, la resistenza di base e laterale può essere determinata come segue.

- Resistenza di base calcolata – $R_{b,cal}$:

$$q_b = C_{uk} \times N_c + \sigma_v$$

con:

- o q_b = resistenza calcolata specifica di base;
- o N_c = fattore di capacità portante adimensionale (si adotta generalmente $N_c = 9$);
- o C_{uk} = coesione non drenata caratteristica;
- o σ_v = tensione verticale totale alla profondità z.

Pertanto la resistenza di base calcolata è pari a:

$$R_{b,cal} = \frac{1}{4} \pi \phi^2 q_b$$

- Resistenza laterale calcolata – $R_{s,cal}$:

$$\tau_{lik} = \alpha \times C_{uik}$$

con:

- o τ_{lik} = resistenza calcolata specifica laterale dello strato i-esimo, $\tau_{lim} = 100$ kPa (AGI);
- o C_{uik} = coesione caratteristica non drenata dello strato i-esimo;
- o α = coefficiente empirico, dipendente dal tipo di terreno, dal metodo di installazione del palo e dal materiale costituente il palo (Tabella 22).

Pertanto la resistenza laterale calcolata è pari a:

$$R_{s,cal} = \pi \phi \sum_i^n \tau_{ik} h_i$$

Tabella 22: Valori indicativi dell'adesione $q_a = \alpha \cdot c_u$ per pali in terreni coesivi (AGI – 1984)

Materiale		c_u (kPa)	q_a	$q_{a_{max}}$ (kPa)
PALI INFISSI	CLS	≤ 25	c_u	120
		25 + 50	0.85 c_u	
	50 + 75	0.65 c_u		
	≥ 75	0.50 c_u		
ACCIAIO	CLS	≤ 25	c_u	100
		25 + 50	0.80 c_u	
	50 + 75	0.65 c_u		
	> 75	0.50 c_u		
TRIVELLATI	CLS	≤ 25	0.90 c_u	100
		25 + 50	0.80 c_u	
		50 + 75	0.60 c_u	
		≥ 75	0.40 c_u	

10.8.1.2 Stratigrafia e parametri di calcolo

Nella tabella seguente è riportata la stratigrafia ed i parametri geotecnici di calcolo (Tabella 1), caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio, adottati per la determinazione della capacità portante assiale del palo.

Tabella 23: Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo.

Unità	Profondità da testa palo	γ (kN/m ³)	c_{uk} (kPa)
LSA(a)	0.0÷3.25 m	20	50
LSA	3.25÷5.25 m	20	100
AG	>5.25 m	20.5	200

10.8.1.3 Calcolo della capacità portante a compressione

Sulla base di quanto esposto ai paragrafi precedenti, il calcolo della capacità portante fornisce i seguenti valori, considerando una tensione tangenziale di $\tau = 100$ kPa per l'unità AG ed una lunghezza di palo pari a $L = 11.2$ m:

- $R_{cs,cal} = 2529.0$ kN (resistenza laterale di calcolo)
- $R_{cb,cal} = 1592.0$ kN (resistenza di base di calcolo)

Dalle resistenze calcolate, considerando i fattori ξ e γ_R si ottengono le resistenze di progetto:

- $R_{cs,d} = 1374.4$ kN (resistenza laterale di progetto);
- $R_{cb,d} = 737.0$ kN (resistenza di base di progetto);

da cui considerando il peso del palo si ottiene una resistenza di progetto pari a:

$$R_{c,d} = 1825.6 \text{ kN}$$

Con riferimento allo sforzo assiale massimo a compressione ricavato dalla modellazione condotta allo SLU/SLV (vedi Tabella 5), la verifica risulta soddisfatta.

10.8.1.4 *Calcolo della capacità portante a trazione*

Sulla base di quanto esposto ai paragrafi precedenti, il calcolo della capacità portante fornisce i seguenti valori, considerando una tensione tangenziale di $\tau = 100$ kPa per l'unità AG ed una lunghezza di palo pari a $L = 11.2$ m:

$$R_{cs,cal} = 2529.0 \text{ kN (resistenza laterale di calcolo)}$$

Dalle resistenze calcolate, considerando i fattori ξ e γ_R e trascurando cautelativamente il peso del palo, si ottiene la resistenza di progetto:

$$R_{c,d} = R_{cs,d} = 1264.5 \text{ kN (resistenza laterale di progetto).}$$

Con riferimento allo sforzo assiale massimo a trazione ricavato dalla modellazione condotta allo SLU/SLV (vedi Tabella 15), la verifica risulta soddisfatta.

10.8.2 Verifica della resistenza dei pali soggetti a carichi trasversali

La verifica di capacità portante per carichi orizzontali è stata effettuata mediante l'Approccio di calcolo 2 (vedi paragrafo 10.3).

Tale analisi è stata condotta verificando la convergenza dei modelli Group per le combinazioni SLU e SLV riducendo la resistenza del terreno del fattore $\gamma_{T-R3} = 1.3$.

La verifica è stata condotta anche secondo la metodologia semplificata basata sulla teoria sviluppata da Broms (1964), in accordo ai criteri generali indicati nel PEA, considerando il palo impedito di ruotare in testa e soggetto alla massima azione di taglio.

In particolare, la resistenza di progetto del palo soggetto a carichi trasversali si ottiene mediante la seguente relazione:

$$R_{tr,d} = \frac{R_{tr,k}}{\gamma_T}$$

con:

- $R_{tr,k} = \min \left\{ \frac{(R_{tr,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{tr,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$: resistenza caratteristica del palo soggetto a carichi trasversali;
- ξ_3 e ξ_4 : coefficienti che dipendono dal numero di verticali di indagini considerate per la singola opera, sulla base dell'affidabilità della caratterizzazione geotecnica nel volume significativo, i cui valori sono indicati nella Tabella 6.4.IV seguente tratta dal D.M. 14/01/2008; nel caso in esame sono state considerate 3 indagini.

I coefficienti parziali per azioni, parametri geotecnici e resistenze caratteristiche sono dedotti dal DM 14/01/2008 (paragrafo 10.3).

Per la verifica è stato considerato un terreno omogeneo di caratteristiche geotecniche pari a quelle dell'unità geotecnica superficiale LSA(a) (Tabella 24).

Tabella 24: Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo.

Unità	Profondità da testa palo [m]	c_{uk} (kPa)
LSA(a)	0.0÷base palo	50

Il grafico sottostante riporta le resistenze di progetto dei pali ($R_{tr,d}$) in funzione del momento resistente della sezione.

Capacità portante di progetto del singolo palo soggetto a carichi trasversali - $R_{tr,d}$
 $D = 1000 \text{ mm}$ - condizione di incastro in testa

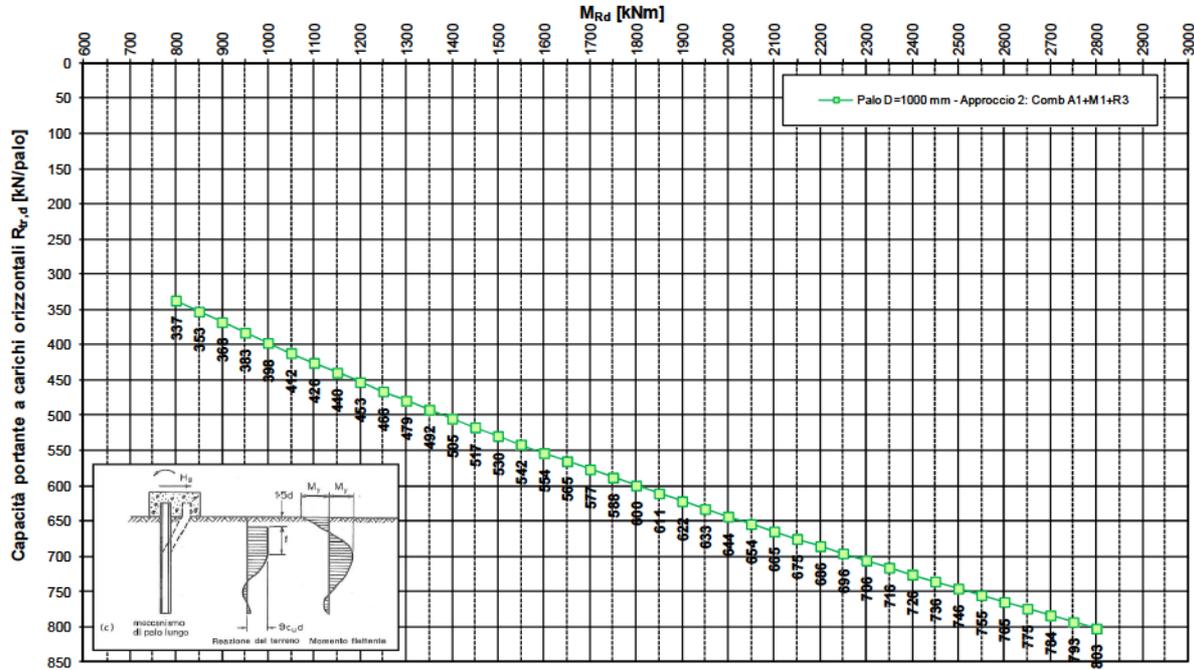


Figura 54: Capacità portante di progetto del palo singolo soggetto a carichi trasversali.

Adottando il momento resistente dei pali ottenuto considerando solo l'armatura longitudinale continua lungo tutta la lunghezza dei pali, pari a $18\varnothing 26$, si ha un momento resistente pari a $M_{xRd} = 1380 \text{ kNm}$ (vedi paragrafo 10.7.1.1) e risulta:

$$R_{tr,d} = 499.8 \text{ kN}$$

superiore alla azione di taglio sollecitante (vedi Tabella 5, Tabella 13 e Tabella 15).

10.9 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

10.9.1 Modello di calcolo, Combinazioni e Condizioni di analisi

Le verifiche sono condotte con il software "GeoStudio 2007 – versione 7.23" – Modulo "Slope/W", a cura della Geo-Slope International (Canada).

Le verifiche sono stati condotte ai sensi delle NTC secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2); con tale criterio il fattore di sicurezza alla stabilità globale può essere espresso come:

$$FS = \gamma_{M2} > \gamma_{R2} = 1.25 > 1.1 = 1.375,$$

considerando le verifiche in condizioni drenate per tutti i materiali.

Le verifiche sono state condotte per le seguenti condizioni:

- statica drenata:
 - parametri drenati di resistenza al taglio per tutte le unità geotecniche considerate;
 - falda posta a -1.0 m da p.c.;
 - sovraccarico stradale di valore caratteristico $q_k = 26$ kPa;
- sismica:
 - parametri drenati di resistenza al taglio per tutte le unità geotecniche considerate;
 - falda posta a -1.0 m da p.c.
 - coefficienti sismici secondo quanto riportato al paragrafo 10.2:
 - sisma +: accelerazione sismica verticale diretta verso il basso;
 - sisma -: accelerazione sismica verticale diretta verso l'alto.

La forza orizzontale offerta dall'opera di sostegno è stata determinata al paragrafo 10.5 e varia a seconda della condizione di carico considerata; l'opera è stata infatti dimensionata al fine di garantire il soddisfacimento delle verifiche di stabilità.

Il modello di calcolo è rappresentato in Figura 16.

10.9.2 Parametri geotecnici

I parametri geotecnici di riferimento per le verifiche, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio, sono riportati nella Tabella 1.

10.9.3 Risultati delle verifiche

Nel seguito sono riportate le figure di output del programma di calcolo con riportati:

- il modello di calcolo;
- il fattore di sicurezza FS nei confronti della stabilità, che deve risultare ≥ 1.375 ;
- i parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni (caratteristici);
- la forza orizzontale offerta dall'opera di sostegno (paragrafo 10.5);
- i coefficienti sismici adottati, in accordo a quanto riportato nel paragrafo 10.2.

Dall'esame delle figure risulta che il fattore di sicurezza è sempre superiore a quello minimo richiesto dalla normativa:

$$FS \geq FS_{\min} = 1.375.$$

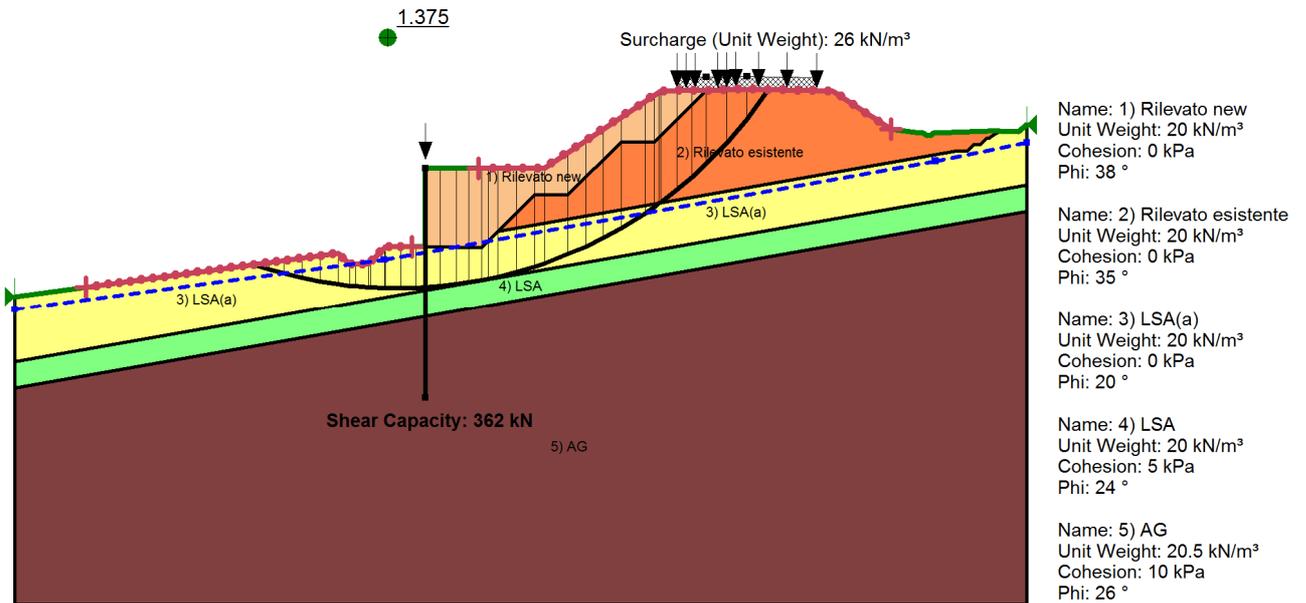


Figura 55: Verifica di stabilità in condizione statica drenata – FS = 1.375.

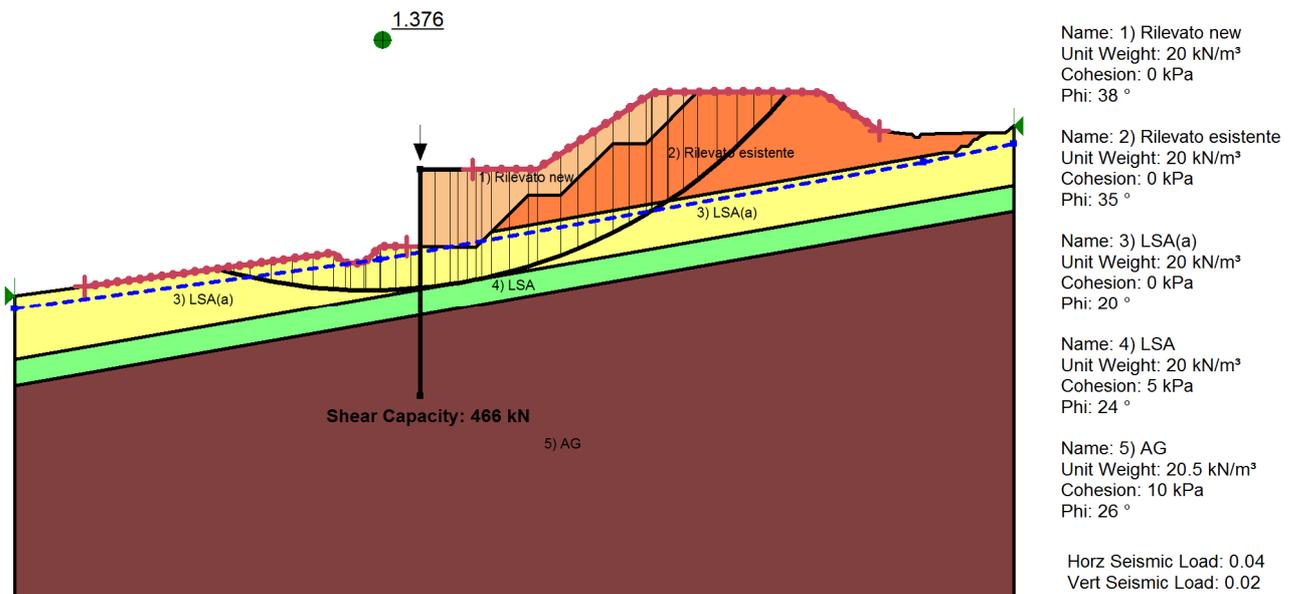


Figura 56: Verifica di stabilità in condizione drenata sisma+ (inerzia diretta verso il basso) – FS = 1.376.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

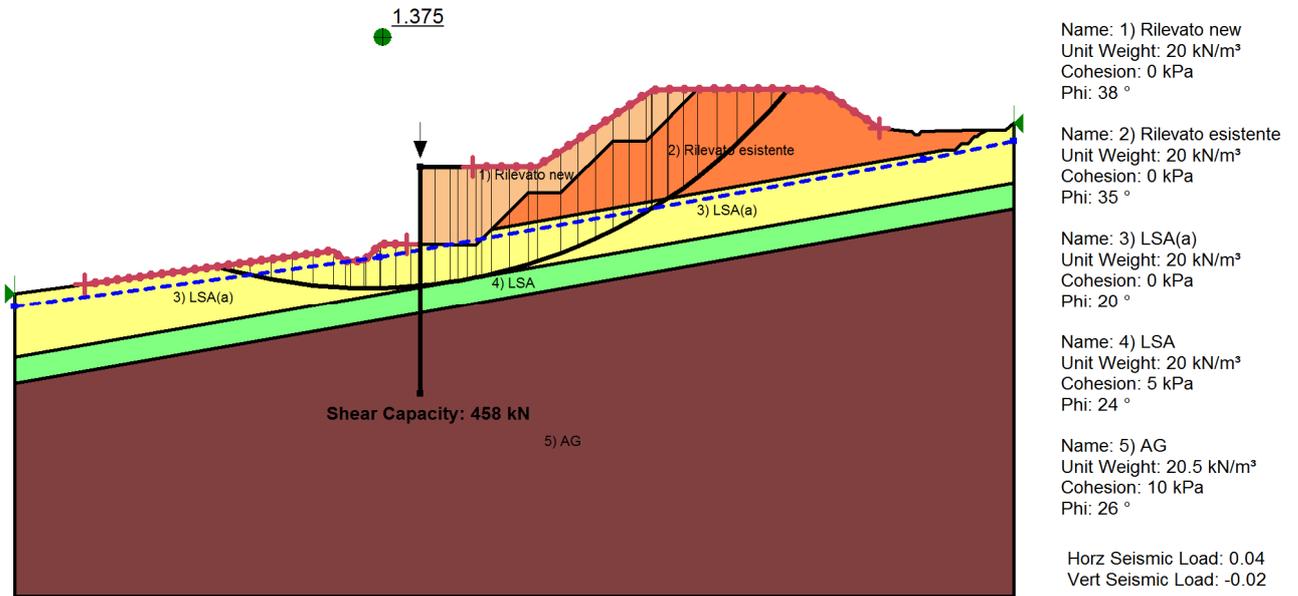


Figura 57: Verifica di stabilità in condizione drenata sisma- (inerzia diretta verso l'alto) – FS = 1.375.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

11 APPENDICE 1: ELABORATI DI CALCOLO DEL PROGRAMMA GROUP

• Combinazione SLE caratteristica

```

=====
GROUP for Windows, Version 2014.9.3

Serial Number : 500126203

Analysis of A Group of Piles
Subjected to Axial and Lateral Loading

(c) Copyright ENSOFT, Inc., 1987-2014
All Rights Reserved
=====

***** INPUT INFORMATION *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLE caratteristica

ANALYSIS TYPE = 3D ANALYSIS

UNITS SYSTEM = METR

* TABLE C * LOAD AND CONTROL PARAMETERS

** LOAD CASES **

NUMBER OF LOAD CASES : 1

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL
SCALE FACTOR : 1.0000

* CONCENTRATED LOADS *

NL VERT.LOAD HR.LOAD Y HR.LOAD Z MOMENT X MOMENT Y MOMENT Z COORD X COORD Y COORD Z
   KN      KN      KN      KN- M      KN- M      KN- M      M      M      M
1 9.32E+02 3.05E+02 0.00 0.00 0.00 0.00 -46.6 0.00 0.00 0.00

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VER.LOAD X, KN      HOR.LOAD Y, KN      HOR.LOAD Z, KN
932.500      304.620      0.00000

MOMENT X, KN- M      MOMENT Y, KN- M      MOMENT Z, KN- M
0.00000      0.00000      -46.6300

* DISTRIBUTED LOADS *

NL  AXIS  INI_PILE  END_PILE  INC_PILE  SET_Y  FACTOR_Y  SET_Z  FACTOR_Z
1  GLOBAL  1          0          0          1      1.0000    0      1.0000
2  GLOBAL  2          0          0          1      1.0000    0      1.0000

* THE LOADING IS STATIC *

* CONTROL PARAMETERS *
TOLERANCE ON CONVERGENCE OF PILE CAP MOVEMENT      = 1.00000E-04
TOLERANCE ON DETERMINATION OF PILE DEFLECTIONS      = 1.00000E-04 M
MAX NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR FOUNDATION ANALYSIS = 100
MAXIMUM NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR PILE ANALYSIS  = 100
FACTOR TO APPLY THE LOAD IN INCREMENTS              = 1.00000
MINIMUM FACTOR FOR LOAD INCREMENTS                  = 1.00000
PRINT RESULTS ONLY AT PILE CAP

** SETS OF DISTRIBUTED LOAD **

NUMBER OF SETS : 1

```

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

DIST. LOAD SET : 1

NL	DEPTH (M)	LOAD (KN)
1	0.0000	50.770
2	3.2500	78.270

* TABLE D * ARRANGEMENT OF PILE GROUPS

GROUP	CONNECTY	CONNECTZ	PILE PROP	P-Y CURVE	L-S CURVE	T-R CURVE	R-F-L SET
1	FIX	FIX	1	0	0	0	0
2	FIX	FIX	1	0	0	0	0

GROUP	CorX, M	CorY, M	CorZ, M	ALPHA, DEG	BETA, DEG	GROUND, M	SPy, KN- M	SPZ, KN- M
1	0.000	-1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000
2	0.000	1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000

* TABLE E * PILE GEOMETRY AND PROPERTIES
 PILE TYPE = 1 - DRIVEN PILE
 = 2 - DRILLED SHAFT

PROP	SECTS	INC	PILE TYPE	LENGTH, M
1	1	100	2	11.200

* PILE SECTIONS *

PROP	SECT	FROM, M	TO, M	CROSS SECT	E, KN/ M**2
1	1	0.00000	11.2000	1	3.28370E+07

* PILE CROSS SECTIONS *

CROSS SECTION : 1
 SECTION NAME : Pa1o
 CROSS SECTION TYPE : CIRCULAR PIPE
 EXTERNAL DIAMETER : 1000.00 MM
 INTERNAL DIAMETER : 0.00000 MM
 SHEAR MODULUS : 1.08696E+07 KN/ M**2

* PILE CROSS SECTIONS PROPERTIES *

SECT	DIAM,MM	AREA,MM**2	Iz,MM**4	Iy,MM**4	GJ, KN- M**2	Mn, KN- M	Vn, KN
1	1000.0	7.8540E+05	4.9087E+10	4.9087E+10	1.0671E+06	0.0000	0.0000

* TABLE F * SOIL DATA

SOILS INFORMATION

GROUND SURFACE = 3.25000 M

2 LAYER(S) OF SOIL

LAYER 1

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

	TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE (M)	3.25000	5.25000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT (KN/ M**3)	10.0000	10.0000
UNDRAINED COHESION, C (KN/ M**2)	100.000	100.000
STRAIN AT 50% STRESS	7.00000E-03	7.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION (KN/ M**2)	40.0000	40.0000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE (KN/ M**2)	0.00000	0.00000

LAYER 2

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

	TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE (M)	5.25000	15.0000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT (KN/ M**3)	10.5000	10.5000
UNDRAINED COHESION, C (KN/ M**2)	200.000	200.000
STRAIN AT 50% STRESS	5.00000E-03	5.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION (KN/ M**2)	100.000	100.000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE (KN/ M**2)	2027.00	2027.00

* TABLE H * AXIAL LOAD VS DISPLACEMENT

AXIAL LOAD-DISPLACEMENT CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1 NUM OF POINTS 19

DISPLACEMENT, M	AXIAL LOAD, KN
-0.0513701	-1920.14

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

-0.0259829	-1963.34
-0.0133009	-2023.53
-3.08087E-03	-1829.96
-1.64592E-03	-1272.81
-3.41882E-04	-299.726
-1.70941E-04	-149.863
-3.41882E-05	-29.9726
-3.41882E-06	-2.99726
0.00000	0.00000
3.56981E-06	3.36636
3.56981E-05	33.6636
1.78490E-04	168.318
3.56981E-04	336.636
1.71777E-03	1442.59
3.22386E-03	2166.62
0.0137398	3033.40
0.0265827	3344.38
0.0520408	3464.46

* TABLE I * TORS. MOM. VS ANGLE ROT.

TORQUE-ROTATION CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1 NUM OF POINTS 19

ROT. ANGLE, Rad.	TORS. MOMEN, KN- M
-0.10842	-939.014
-0.0577750	-960.153
-0.0325757	-987.055
-0.0118130	-936.598
-7.38733E-03	-684.906
-1.76541E-03	-183.787
-8.82707E-04	-91.8935
-1.76541E-04	-18.3787
-1.76541E-05	-1.83787
0.00000	0.00000
1.76541E-05	1.83787
1.76541E-04	18.3787
8.82707E-04	91.8935
1.76541E-03	183.787
7.38733E-03	684.906
0.0118130	936.598
0.0325757	987.055
0.0577750	960.153
0.10842	939.014

***** COMPUTATION RESULTS *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLE caratteristica

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VERT. LOAD, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
932.500	304.620	0.00000
MOMENT X, M- KN	MOMENT Y, M- KN	MOMENT Z, M- KN
0.00000	0.00000	-46.6300

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

VERTICAL , M HORIZONTAL Y, M HORIZONTAL Z, M
 5.49385E-04 7.33402E-03 0.00000

ANGLE ROT. X,RAD ANGLE ROT. Y,RAD ANGLE ROT. Z,RAD
 0.00000 0.00000 -4.39315E-04

THE GLOBAL STRUCTURAL COORDINATE SYSTEM

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. X, M	DISP. Y, M	DISP. Z, M	ROT. X,RAD	ROT. Y,RAD	ROT. Z,RAD
1	-1.0959E-04	7.3340E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.3932E-04
2	1.2084E-03	7.3340E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.3932E-04
MINIMUM	-1.0959E-04	7.3340E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.3932E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.2084E-03	7.3340E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.3932E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M
1	-96.074	152.88	0.0000	0.0000	0.0000	820.27
2	1028.6	151.74	0.0000	0.0000	0.0000	820.07
MINIMUM	-96.074	151.74	0.0000	0.0000	0.0000	820.07
Pile N.	1	2	1	1	1	2
MAXIMUM	1028.6	152.88	0.0000	0.0000	0.0000	820.27
Pile N.	2	1	1	1	1	1

THE PILE COORDINATE SYSTEM (LOCAL AXES)

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. x, M	DISP. y, M	DISP. z, M	ROT. x,RAD	ROT. y,RAD	ROT. z,RAD
1	-1.0959E-04	7.3340E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.3932E-04
2	1.2084E-03	7.3340E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.3932E-04
MINIMUM	-1.0959E-04	7.3340E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.3932E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.2084E-03	7.3340E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.3932E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	AXIAL, KN	LAT. y, KN	LAT. z, KN	MOM x, KN- M	MOM y, KN- M	MOM z, KN- M
1	-96.074	152.88	0.0000	0.0000	0.0000	820.27
2	1028.6	151.74	0.0000	0.0000	0.0000	820.07
MINIMUM	-96.074	151.74	0.0000	0.0000	0.0000	820.07
Pile N.	1	2	1	1	1	2
MAXIMUM	1028.6	152.88	0.0000	0.0000	0.0000	820.27
Pile N.	2	1	1	1	1	1

PILE GROUP	STRESS, KN/ M**2
1	8477.5
2	9662.8
MINIMUM	8477.5
Pile N.	1
MAXIMUM	9662.8
Pile N.	2

* EFFECTS FOR Laterally LOADED PILE *

* MINIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR M	DISPL. z-DIR M	MOMENT z-DIR KN- M	MOMENT y-DIR KN- M	SHEAR y-DIR KN	SHEAR z-DIR KN	SOIL REACT y-DIR KN/ M	SOIL REACT z-DIR KN/ M	TOTAL STRESS KN/ M**2	FLEX. RIG. z-DIR KN- M**2	FLEX. RIG. y-DIR KN- M**2
1	-3.1073E-05	0.0000	-820.27	0.0000	-269.90	0.0000	-283.87	0.0000	122.32	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	9.0720	0.0000	0.0000	0.0000	8.1760	0.0000	8.4000	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
2	-2.6233E-05	0.0000	-820.07	0.0000	-273.52	0.0000	-345.52	0.0000	1309.6	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	9.0720	0.0000	0.0000	0.0000	8.1760	0.0000	8.5120	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
Min.	-3.1073E-05	0.0000	-820.27	0.0000	-273.52	0.0000	-345.52	0.0000	122.32	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1

* MAXIMUM VALUES AND LOCATIONS *

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

PILE	DISPL.	DISPL.	MOMENT	MOMENT	SHEAR	SHEAR	SOIL REACT	SOIL REACT	TOTAL	FLEX. RIG.	FLEX. RIG.
	y-DIR M	z-DIR M	z-DIR KN- M	y-DIR KN- M	y-DIR KN	z-DIR KN	y-DIR KN/ M	z-DIR KN/ M	STRESS KN/ M**2	z-DIR KN- M**2	y-DIR KN- M**2
1	7.3340E-03	0.0000	599.91	0.0000	365.25	0.0000	199.83	0.0000	8477.5	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	6.0480	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	7.3340E-03	0.0000	600.66	0.0000	364.12	0.0000	199.79	0.0000	9662.8	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	6.0480	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Max.	7.3340E-03	0.0000	600.66	0.0000	365.25	0.0000	199.83	0.0000	9662.8	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1

***** SUMMARY FOR LOAD CASES AND COMBINATIONS *****

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

LOAD X, KN	LOAD Y, KN	LOAD Z, KN	MOM X, M- KN	MOM Y, M- KN	MOM Z, M- KN
932.500	304.620	0.00000	0.00000	0.00000	-46.6300

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

DISP X, M	DISP Y, M	DISP Z, M	ROT X,RAD	ROT Y,RAD	ROT Z,RAD
5.49385E-04	7.33402E-03	0.00000	0.00000	0.00000	-4.39315E-04

• **Combinazione SLE frequente**

GROUP for Windows, Version 2014.9.3

Serial Number : 500126203

Analysis of A Group of Piles
Subjected to Axial and Lateral Loading

(c) Copyright ENSOFT, Inc., 1987-2014
All Rights Reserved

***** INPUT INFORMATION *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLE frequente

ANALYSIS TYPE = 3D ANALYSIS

UNITS SYSTEM = METR

* TABLE C * LOAD AND CONTROL PARAMETERS

** LOAD CASES **

NUMBER OF LOAD CASES : 1

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL
SCALE FACTOR : 1.0000

* CONCENTRATED LOADS *

NL	VERT. LOAD KN	HR. LOAD Y KN	HR. LOAD Z KN	MOMENT X KN- M	MOMENT Y KN- M	MOMENT Z KN- M	COORD X M	COORD Y M	COORD Z M
1	9.32E+02	2.81E+02	0.00	0.00	0.00	-3.74E+00	0.00	0.00	0.00

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

VER.LOAD X, KN HOR.LOAD Y, KN HOR.LOAD Z, KN
 932.500 280.900 0.00000

MOMENT X, KN- M MOMENT Y, KN- M MOMENT Z, KN- M
 0.00000 0.00000 -3.74000

* DISTRIBUTED LOADS *

NL	AXIS	INI_PILE	END_PILE	INC_PILE	SET_Y	FACTOR_Y	SET_Z	FACTOR_Z
1	GLOBAL	1	0	0	1	1.0000	0	1.0000
2	GLOBAL	2	0	0	1	1.0000	0	1.0000

* THE LOADING IS STATIC *

* CONTROL PARAMETERS *

TOLERANCE ON CONVERGENCE OF PILE CAP MOVEMENT = 1.00000E-04
 TOLERANCE ON DETERMINATION OF PILE DEFLECTIONS = 1.00000E-04 M
 MAX NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR FOUNDATION ANALYSIS = 100
 MAXIMUM NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR PILE ANALYSIS = 100
 FACTOR TO APPLY THE LOAD IN INCREMENTS = 1.00000
 MINIMUM FACTOR FOR LOAD INCREMENTS = 1.00000
 PRINT RESULTS ONLY AT PILE CAP

** SETS OF DISTRIBUTED LOAD **

NUMBER OF SETS : 1

DIST. LOAD SET : 1

NL	DEPTH (M)	LOAD (KN)
1	0.0000	46.820
2	3.2500	72.170

* TABLE D * ARRANGEMENT OF PILE GROUPS

GROUP	CONNECTY	CONNECTZ	PILE PROP	P-Y CURVE	L-S CURVE	T-R CURVE	R-F-L SET
1	FIX	FIX	1	0	0	0	0
2	FIX	FIX	1	0	0	0	0

GROUP	CorX, M	CorY, M	CorZ, M	ALPHA, DEG	BETA, DEG	GROUND, M	SPy, KN- M	SPz, KN- M
1	0.000	-1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000
2	0.000	1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000

* TABLE E * PILE GEOMETRY AND PROPERTIES

PILE TYPE = 1 - DRIVEN PILE
 = 2 - DRILLED SHAFT

PROP	SECTS	INC	PILE TYPE	LENGTH, M
1	1	100	2	11.200

* PILE SECTIONS *

PROP	SECT	FROM, M	TO, M	CROSS SECT	E, KN/ M**2
1	1	0.00000	11.2000	1	3.28370E+07

* PILE CROSS SECTIONS *

CROSS SECTION : 1
 SECTION NAME : Pa1o
 CROSS SECTION TYPE : CIRCULAR PIPE
 EXTERNAL DIAMETER : 1000.00 MM
 INTERNAL DIAMETER : 0.00000 MM
 SHEAR MODULUS : 1.08696E+07 KN/ M**2

* PILE CROSS SECTIONS PROPERTIES *

SECT	DIAM, MM	AREA, MM**2	Iz, MM**4	Iy, MM**4	GJ, KN- M**2	Mn, KN- M	Vn, KN
1	1000.0	7.8540E+05	4.9087E+10	4.9087E+10	1.0671E+06	0.0000	0.0000

* TABLE F * SOIL DATA

SOILS INFORMATION

GROUND SURFACE = 3.25000 M

2 LAYER(S) OF SOIL

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

LAYER 1
THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

		TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE	(M)	3.25000	5.25000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT	(KN/ M**3)	10.0000	10.0000
UNDRAINED COHESION, C	(KN/ M**2)	100.000	100.000
STRAIN AT 50% STRESS		7.00000E-03	7.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION	(KN/ M**2)	40.0000	40.0000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE	(KN/ M**2)	0.00000	0.00000

LAYER 2
THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

		TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE	(M)	5.25000	15.0000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT	(KN/ M**3)	10.5000	10.5000
UNDRAINED COHESION, C	(KN/ M**2)	200.000	200.000
STRAIN AT 50% STRESS		5.00000E-03	5.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION	(KN/ M**2)	100.000	100.000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE	(KN/ M**2)	2027.00	2027.00

* TABLE H * AXIAL LOAD VS DISPLACEMENT

AXIAL LOAD-DISPLACEMENT CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1	NUM OF POINTS 19
DISPLACEMENT, M	AXIAL LOAD, KN
-0.0513701	-1920.14
-0.0259829	-1963.34
-0.0133009	-2023.53
-3.08087E-03	-1829.96
-1.64592E-03	-1272.81
-3.41882E-04	-299.726
-1.70941E-04	-149.863
-3.41882E-05	-29.9726
-3.41882E-06	-2.99726
0.00000	0.00000
3.56981E-06	3.36636
3.56981E-05	33.6636
1.78490E-04	168.318
3.56981E-04	336.636
1.71777E-03	1442.59
3.22386E-03	2166.62
0.0137398	3033.40
0.0265827	3344.38
0.0520408	3464.46

* TABLE I * TORS. MOM. VS ANGLE ROT.

TORQUE-ROTATION CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1	NUM OF POINTS 19
ROT. ANGLE, Rad.	TORS.MOMEN, KN- M
-0.10842	-939.014
-0.0577750	-960.153
-0.0325757	-987.055
-0.0118130	-936.598
-7.38733E-03	-684.906
-1.76541E-03	-183.787
-8.82707E-04	-91.8935
-1.76541E-04	-18.3787
-1.76541E-05	-1.83787
0.00000	0.00000
1.76541E-05	1.83787
1.76541E-04	18.3787
8.82707E-04	91.8935
1.76541E-03	183.787
7.38733E-03	684.906
0.0118130	936.598
0.0325757	987.055
0.0577750	960.153
0.10842	939.014

***** COMPUTATION RESULTS *****

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLE frequente

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VERT. LOAD, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
932.500	280.900	0.00000
MOMENT X, M- KN	MOMENT Y, M- KN	MOMENT Z, M- KN
0.00000	0.00000	-3.74000

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

VERTICAL, M	HORIZONTAL Y, M	HORIZONTAL Z, M
5.46519E-04	6.47070E-03	0.00000
ANGLE ROT. X, RAD	ANGLE ROT. Y, RAD	ANGLE ROT. Z, RAD
0.00000	0.00000	-3.88850E-04

THE GLOBAL STRUCTURAL COORDINATE SYSTEM

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. X, M	DISP. Y, M	DISP. Z, M	ROT. X, RAD	ROT. Y, RAD	ROT. Z, RAD
1	-3.6756E-05	6.4707E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.8885E-04
2	1.1298E-03	6.4707E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.8885E-04
MINIMUM	-3.6756E-05	6.4707E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.8885E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.1298E-03	6.4707E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.8885E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M
1	-32.224	140.89	0.0000	0.0000	0.0000	745.79
2	964.72	140.01	0.0000	0.0000	0.0000	745.89
MINIMUM	-32.224	140.01	0.0000	0.0000	0.0000	745.79
Pile N.	1	2	1	1	1	1
MAXIMUM	964.72	140.89	0.0000	0.0000	0.0000	745.89
Pile N.	2	1	1	1	1	2

THE PILE COORDINATE SYSTEM (LOCAL AXES)

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. x, M	DISP. y, M	DISP. z, M	ROT. x, RAD	ROT. y, RAD	ROT. z, RAD
1	-3.6756E-05	6.4707E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.8885E-04
2	1.1298E-03	6.4707E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.8885E-04
MINIMUM	-3.6756E-05	6.4707E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.8885E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.1298E-03	6.4707E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.8885E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	AXIAL, KN	LAT. y, KN	LAT. z, KN	MOM x, KN- M	MOM y, KN- M	MOM z, KN- M
1	-32.224	140.89	0.0000	0.0000	0.0000	745.79
2	964.72	140.01	0.0000	0.0000	0.0000	745.89

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

```

MINIMUM      -32.224    140.01    0.0000    0.0000    0.0000    745.79
Pile N.      1          2          1          1          1          1
MAXIMUM      964.72    140.89    0.0000    0.0000    0.0000    745.89
Pile N.      2          1          1          1          1          2
    
```

```

PILE GROUP   STRESS, KN/ M**2
*****
1            7637.6
2            8825.9
    
```

```

MINIMUM      7637.6
Pile N.      1
MAXIMUM      8825.9
Pile N.      2
    
```

* EFFECTS FOR LATERALLY LOADED PILE *

* MINIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR M	DISPL. z-DIR M	MOMENT z-DIR KN- M	MOMENT y-DIR KN- M	SHEAR y-DIR KN	SHEAR z-DIR KN	SOIL REACT y-DIR KN/ M	SOIL REACT z-DIR KN/ M	TOTAL STRESS KN/ M**2	FLEX. RIG. z-DIR KN- M**2	FLEX. RIG. y-DIR KN- M**2
1	-2.2314E-05	0.0000	-745.79	0.0000	-255.01	0.0000	-271.71	0.0000	41.029	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	8.9600	0.0000	0.0000	0.0000	8.0640	0.0000	8.4000	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
2	-2.3822E-05	0.0000	-745.89	0.0000	-256.28	0.0000	-393.89	0.0000	1228.3	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	8.8480	0.0000	0.0000	0.0000	8.0640	0.0000	8.2880	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
Min.	-2.3822E-05	0.0000	-745.89	0.0000	-256.28	0.0000	-393.89	0.0000	41.029	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1

* MAXIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR M	DISPL. z-DIR M	MOMENT z-DIR KN- M	MOMENT y-DIR KN- M	SHEAR y-DIR KN	SHEAR z-DIR KN	SOIL REACT y-DIR KN/ M	SOIL REACT z-DIR KN/ M	TOTAL STRESS KN/ M**2	FLEX. RIG. z-DIR KN- M**2	FLEX. RIG. y-DIR KN- M**2
1	6.4707E-03	0.0000	547.41	0.0000	336.73	0.0000	190.67	0.0000	7637.6	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	5.9360	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	6.4707E-03	0.0000	547.86	0.0000	335.84	0.0000	233.19	0.0000	8825.9	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	5.9360	0.0000	3.2480	0.0000	11.200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Max.	6.4707E-03	0.0000	547.86	0.0000	336.73	0.0000	233.19	0.0000	8825.9	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1

***** SUMMARY FOR LOAD CASES AND COMBINATIONS *****

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

LOAD X, KN	LOAD Y, KN	LOAD Z, KN	MOM X, M- KN	MOM Y, M- KN	MOM Z, M- KN
932.500	280.900	0.00000	0.00000	0.00000	-3.74000

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

DISP X, M	DISP Y, M	DISP Z, M	ROT X,RAD	ROT Y,RAD	ROT Z,RAD
5.46519E-04	6.47070E-03	0.00000	0.00000	0.00000	-3.88850E-04

• **Combinazione SLE quasi permanente**

GROUP for Windows, Version 2014.9.3

Serial Number : 500126203

Analysis of A Group of Piles
Subjected to Axial and Lateral Loading

(c) Copyright ENSOFT, Inc., 1987-2014
All Rights Reserved

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

***** INPUT INFORMATION *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLE quasi permanente

ANALYSIS TYPE = 3D ANALYSIS

UNITS SYSTEM = METR

* TABLE C * LOAD AND CONTROL PARAMETERS

** LOAD CASES **

NUMBER OF LOAD CASES : 1

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL
SCALE FACTOR : 1.0000

* CONCENTRATED LOADS *

NL	VERT. LOAD KN	HR. LOAD Y KN	HR. LOAD Z KN	MOMENT X KN- M	MOMENT Y KN- M	MOMENT Z KN- M	COORD X M	COORD Y M	COORD Z M
1	9.32E+02	2.65E+02	0.00	0.00	0.00	28.0	0.00	0.00	0.00

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VER. LOAD X, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
932.500	265.080	0.00000
MOMENT X, KN- M	MOMENT Y, KN- M	MOMENT Z, KN- M
0.00000	0.00000	27.9800

* DISTRIBUTED LOADS *

NL	AXIS	INI_PILE	END_PILE	INC_PILE	SET_Y	FACTOR_Y	SET_Z	FACTOR_Z
1	GLOBAL	1	0	0	1	1.0000	0	1.0000
2	GLOBAL	2	0	0	1	1.0000	0	1.0000

* THE LOADING IS STATIC *

* CONTROL PARAMETERS *

TOLERANCE ON CONVERGENCE OF PILE CAP MOVEMENT = 1.00000E-04
TOLERANCE ON DETERMINATION OF PILE DEFLECTIONS = 1.00000E-04 M
MAX NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR FOUNDATION ANALYSIS = 100
MAXIMUM NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR PILE ANALYSIS = 100
FACTOR TO APPLY THE LOAD IN INCREMENTS = 1.00000
MINIMUM FACTOR FOR LOAD INCREMENTS = 1.00000
PRINT RESULTS ONLY AT PILE CAP

** SETS OF DISTRIBUTED LOAD **

NUMBER OF SETS : 1

DIST. LOAD SET : 1

NL	DEPTH (M)	LOAD (KN)
1	0.0000	44.180
2	3.2500	68.110

* TABLE D * ARRANGEMENT OF PILE GROUPS

GROUP	CONNECTY	CONNECTZ	PILE PROP	P-Y CURVE	L-S CURVE	T-R CURVE	R-F-L SET
1	FIX	FIX	1	0	0	0	0
2	FIX	FIX	1	0	0	0	0

GROUP	CorX, M	CorY, M	CorZ, M	ALPHA, DEG	BETA, DEG	GROUND, M	SPy, KN- M	SPz, KN- M
1	0.000	-1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000
2	0.000	1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000

* TABLE E * PILE GEOMETRY AND PROPERTIES
PILE TYPE = 1 - DRIVEN PILE
= 2 - DRILLED SHAFT

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

PROP	SECTS	INC	PILE TYPE	LENGTH, M
1	1	100	2	11.200

* PILE SECTIONS *

PROP	SECT	FROM, M	TO, M	CROSS SECT	E, KN/ M**2
1	1	0.00000	11.2000	1	3.28370E+07

* PILE CROSS SECTIONS *

CROSS SECTION : 1
SECTION NAME : Palo
CROSS SECTION TYPE : CIRCULAR PIPE
EXTERNAL DIAMETER : 1000.00 MM
INTERNAL DIAMETER : 0.00000 MM
SHEAR MODULUS : 1.08696E+07 KN/ M**2

* PILE CROSS SECTIONS PROPERTIES *

SECT	DIAM,MM	AREA,MM**2	Iz,MM**4	Iy,MM**4	GJ, KN- M**2	Mn, KN- M	Vn, KN
1	1000.0	7.8540E+05	4.9087E+10	4.9087E+10	1.0671E+06	0.0000	0.0000

* TABLE F * SOIL DATA

SOILS INFORMATION

GROUND SURFACE = 3.25000 M

2 LAYER(S) OF SOIL

LAYER 1

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

	(M)	TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE	(M)	3.25000	5.25000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT	(KN/ M**3)	10.0000	10.0000
UNDRAINED COHESION, C	(KN/ M**2)	100.000	100.000
STRAIN AT 50% STRESS		7.00000E-03	7.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION	(KN/ M**2)	40.0000	40.0000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE	(KN/ M**2)	0.00000	0.00000

LAYER 2

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

	(M)	TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE	(M)	5.25000	15.0000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT	(KN/ M**3)	10.5000	10.5000
UNDRAINED COHESION, C	(KN/ M**2)	200.000	200.000
STRAIN AT 50% STRESS		5.00000E-03	5.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION	(KN/ M**2)	100.000	100.000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE	(KN/ M**2)	2027.00	2027.00

* TABLE H * AXIAL LOAD VS DISPLACEMENT

AXIAL LOAD-DISPLACEMENT CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1 NUM OF POINTS 19

DISPLACEMENT, M	AXIAL LOAD, KN
-0.0513701	-1920.14
-0.0259829	-1963.34
-0.0133009	-2023.53
-3.08087E-03	-1829.96
-1.64592E-03	-1272.81
-3.41882E-04	-299.726
-1.70941E-04	-149.863
-3.41882E-05	-29.9726
-3.41882E-06	-2.99726
0.00000	0.00000
3.56981E-06	3.36636
3.56981E-05	33.6636
1.78490E-04	168.318
3.56981E-04	336.636
1.71777E-03	1442.59
3.22386E-03	2166.62
0.0137398	3033.40
0.0265827	3344.38
0.0520408	3464.46

* TABLE I * TORS. MOM. VS ANGLE ROT.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

TORQUE-ROTATION CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1	NUM OF POINTS 19
ROT. ANGLE, Rad.	TORS. MOMEN, KN- M
-0.10842	-939.014
-0.0577750	-960.153
-0.0325757	-987.055
-0.0118130	-936.598
-7.38733E-03	-684.906
-1.76541E-03	-183.787
-8.82707E-04	-91.8935
-1.76541E-04	-18.3787
-1.76541E-05	-1.83787
0.00000	0.00000
1.76541E-05	1.83787
1.76541E-04	18.3787
8.82707E-04	91.8935
1.76541E-03	183.787
7.38733E-03	684.906
0.0118130	936.598
0.0325757	987.055
0.0577750	960.153
0.10842	939.014

***** COMPUTATION RESULTS *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLE quasi permanente

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VERT. LOAD, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
932.500	265.080	0.00000
MOMENT X, M- KN	MOMENT Y, M- KN	MOMENT Z, M- KN
0.00000	0.00000	27.9800

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

VERTICAL, M	HORIZONTAL Y, M	HORIZONTAL Z, M
5.44136E-04	5.91018E-03	0.00000
ANGLE ROT. X, RAD	ANGLE ROT. Y, RAD	ANGLE ROT. Z, RAD
0.00000	0.00000	-3.54969E-04

THE GLOBAL STRUCTURAL COORDINATE SYSTEM

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. X, M	DISP. Y, M	DISP. Z, M	ROT. X, RAD	ROT. Y, RAD	ROT. Z, RAD
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
1	1.1683E-05	5.9102E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.5497E-04
2	1.0766E-03	5.9102E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.5497E-04
MINIMUM	1.1683E-05	5.9102E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.5497E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.0766E-03	5.9102E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.5497E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

PILE GROUP	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M
1	11.017	132.85	0.0000	0.0000	0.0000	696.88
2	921.48	132.23	0.0000	0.0000	0.0000	696.80
MINIMUM	11.017	132.23	0.0000	0.0000	0.0000	696.80
Pile N.	1	2	1	1	1	2
MAXIMUM	921.48	132.85	0.0000	0.0000	0.0000	696.88
Pile N.	2	1	1	1	1	1

THE PILE COORDINATE SYSTEM (LOCAL AXES)

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. x, M	DISP. y, M	DISP. z, M	ROT. x,RAD	ROT. y,RAD	ROT. z,RAD
1	1.1683E-05	5.9102E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.5497E-04
2	1.0766E-03	5.9102E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.5497E-04
MINIMUM	1.1683E-05	5.9102E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.5497E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.0766E-03	5.9102E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-3.5497E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	AXIAL, KN	LAT. y, KN	LAT. z, KN	MOM x, KN- M	MOM y, KN- M	MOM z, KN- M
1	11.017	132.85	0.0000	0.0000	0.0000	696.88
2	921.48	132.23	0.0000	0.0000	0.0000	696.80
MINIMUM	11.017	132.23	0.0000	0.0000	0.0000	696.80
Pile N.	1	2	1	1	1	2
MAXIMUM	921.48	132.85	0.0000	0.0000	0.0000	696.88
Pile N.	2	1	1	1	1	1

PILE GROUP	STRESS, KN/ M**2
1	7112.4
2	8270.8
MINIMUM	7112.4
Pile N.	1
MAXIMUM	8270.8
Pile N.	2

* EFFECTS FOR LATERALLY LOADED PILE *

* MINIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR	DISPL. z-DIR	MOMENT z-DIR	MOMENT y-DIR	SHEAR y-DIR	SHEAR z-DIR	SOIL REACT y-DIR	SOIL REACT z-DIR	TOTAL STRESS	FLEX. RIG. z-DIR	FLEX. RIG. y-DIR
	M	M	KN- M	KN- M	KN	KN	KN/ M	KN/ M	KN/ M**2	KN- M**2	KN- M**2
1	-2.0416E-05	0.0000	-696.88	0.0000	-248.18	0.0000	-533.12	0.0000	14.027	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	8.8480	0.0000	0.0000	0.0000	7.9520	0.0000	8.1760	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
2	-1.6392E-05	0.0000	-696.80	0.0000	-269.52	0.0000	-1040.8	0.0000	1173.3	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	8.9600	0.0000	0.0000	0.0000	8.0640	0.0000	8.1760	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
Min.	-2.0416E-05	0.0000	-696.88	0.0000	-269.52	0.0000	-1040.8	0.0000	14.027	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1

* MAXIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR	DISPL. z-DIR	MOMENT z-DIR	MOMENT y-DIR	SHEAR y-DIR	SHEAR z-DIR	SOIL REACT y-DIR	SOIL REACT z-DIR	TOTAL STRESS	FLEX. RIG. z-DIR	FLEX. RIG. y-DIR
	M	M	KN- M	KN- M	KN	KN	KN/ M	KN/ M	KN/ M**2	KN- M**2	KN- M**2
1	5.9102E-03	0.0000	512.54	0.0000	317.66	0.0000	184.42	0.0000	7112.4	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	5.9360	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	5.9102E-03	0.0000	513.41	0.0000	317.04	0.0000	184.83	0.0000	8270.8	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	5.9360	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Max.	5.9102E-03	0.0000	513.41	0.0000	317.66	0.0000	184.83	0.0000	8270.8	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1

***** SUMMARY FOR LOAD CASES AND COMBINATIONS *****

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

***** LOAD CASES RESULTS *****

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

LOAD CASE : 1

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

LOAD X, KN	LOAD Y, KN	LOAD Z, KN	MOM X, M- KN	MOM Y, M- KN	MOM Z, M- KN
932.500	265.080	0.00000	0.00000	0.00000	27.9800

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

DISP X, M	DISP Y, M	DISP Z, M	ROT X,RAD	ROT Y,RAD	ROT Z,RAD
5.44136E-04	5.91018E-03	0.00000	0.00000	0.00000	-3.54969E-04

• **Combinazione SLU**

GROUP for Windows, Version 2014.9.3

Serial Number : 500126203

Analysis of A Group of Piles
Subjected to Axial and Lateral Loading

(c) Copyright ENSOFT, Inc., 1987-2014
All Rights Reserved

***** INPUT INFORMATION *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLU (Sollecitazioni da amplificare x 1.3)

ANALYSIS TYPE = 3D ANALYSIS

UNITS SYSTEM = METR

* TABLE C * LOAD AND CONTROL PARAMETERS

** LOAD CASES **

NUMBER OF LOAD CASES : 1

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL
SCALE FACTOR : 1.0000

* CONCENTRATED LOADS *

NL	VERT. LOAD KN	HR. LOAD X, KN	HR. LOAD Y, KN	HR. LOAD Z, KN	MOMENT X KN- M	MOMENT Y KN- M	MOMENT Z KN- M	COORD X M	COORD Y M	COORD Z M
1	9.32E+02	3.11E+02	0.00	0.00	0.00	0.00	-65.3	0.00	0.00	0.00

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VER. LOAD X, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
932.500	310.700	0.00000

MOMENT X, KN- M	MOMENT Y, KN- M	MOMENT Z, KN- M
0.00000	0.00000	-65.2800

* DISTRIBUTED LOADS *

NL	AXIS	INI_PILE	END_PILE	INC_PILE	SET_Y	FACTOR_Y	SET_Z	FACTOR_Z
1	GLOBAL	1	0	0	1	1.0000	0	1.0000
2	GLOBAL	2	0	0	1	1.0000	0	1.0000

* THE LOADING IS STATIC *

* CONTROL PARAMETERS *

TOLERANCE ON CONVERGENCE OF PILE CAP MOVEMENT = 1.00000E-04
TOLERANCE ON DETERMINATION OF PILE DEFLECTIONS = 1.00000E-04 M
MAX NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR FOUNDATION ANALYSIS = 100
MAXIMUM NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR PILE ANALYSIS = 100
FACTOR TO APPLY THE LOAD IN INCREMENTS = 1.00000

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

MINIMUM FACTOR FOR LOAD INCREMENTS = 1.00000
 PRINT RESULTS ONLY AT PILE CAP

** SETS OF DISTRIBUTED LOAD **

NUMBER OF SETS : 1

DIST. LOAD SET : 1

NL	DEPTH (M)	LOAD (KN)
1	0.0000	51.780
2	3.2500	79.830

* TABLE D * ARRANGEMENT OF PILE GROUPS

GROUP	CONNECTY	CONNECTZ	PILE PROP	P-Y CURVE	L-S CURVE	T-R CURVE	R-F-L SET
1	FIX	FIX	1	0	0	0	0
2	FIX	FIX	1	0	0	0	0

GROUP	CorX, M	CorY, M	CorZ, M	ALPHA, DEG	BETA, DEG	GROUND, M	SPy, KN- M	SPz, KN- M
1	0.000	-1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000
2	0.000	1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000

* TABLE E * PILE GEOMETRY AND PROPERTIES
 PILE TYPE = 1 - DRIVEN PILE
 = 2 - DRILLED SHAFT

PROP	SECTS	INC	PILE TYPE	LENGTH, M
1	1	100	2	11.200

* PILE SECTIONS *

PROP	SECT	FROM, M	TO, M	CROSS SECT	E, KN/ M**2
1	1	0.00000	11.2000	1	3.28370E+07

* PILE CROSS SECTIONS *

CROSS SECTION : 1
 SECTION NAME : Pa1o
 CROSS SECTION TYPE : CIRCULAR PIPE
 EXTERNAL DIAMETER : 1000.00 MM
 INTERNAL DIAMETER : 0.00000 MM
 SHEAR MODULUS : 1.08696E+07 KN/ M**2

* PILE CROSS SECTIONS PROPERTIES *

SECT	DIAM, MM	AREA, MM**2	Iz, MM**4	Iy, MM**4	GJ, KN- M**2	Mn, KN- M	Vn, KN
1	1000.0	7.8540E+05	4.9087E+10	4.9087E+10	1.0671E+06	0.0000	0.0000

* TABLE F * SOIL DATA

SOILS INFORMATION

GROUND SURFACE = 3.25000 M

2 LAYER(S) OF SOIL

LAYER 1

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

	TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE (M)	3.25000	5.25000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT (KN/ M**3)	10.0000	10.0000
UNDRAINED COHESION, C (KN/ M**2)	100.000	100.000
STRAIN AT 50% STRESS	7.00000E-03	7.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION (KN/ M**2)	40.0000	40.0000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE (KN/ M**2)	0.00000	0.00000

LAYER 2

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

	TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE (M)	5.25000	15.0000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT (KN/ M**3)	10.5000	10.5000
UNDRAINED COHESION, C (KN/ M**2)	200.000	200.000
STRAIN AT 50% STRESS	5.00000E-03	5.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION (KN/ M**2)	100.000	100.000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE (KN/ M**2)	2027.00	2027.00

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

* TABLE H * AXIAL LOAD VS DISPLACEMENT

AXIAL LOAD-DISPLACEMENT CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1	NUM OF POINTS 19
DISPLACEMENT, M	AXIAL LOAD, KN
-0.0513701	-1920.14
-0.0259829	-1963.34
-0.0133009	-2023.53
-3.08087E-03	-1829.96
-1.64592E-03	-1272.81
-3.41882E-04	-299.726
-1.70941E-04	-149.863
-3.41882E-05	-29.9726
-3.41882E-06	-2.99726
0.00000	0.00000
3.56981E-06	3.36636
3.56981E-05	33.6636
1.78490E-04	168.318
3.56981E-04	336.636
1.71777E-03	1442.59
3.22386E-03	2166.62
0.0137398	3033.40
0.0265827	3344.38
0.0520408	3464.46

* TABLE I * TORS. MOM. VS ANGLE ROT.

TORQUE-ROTATION CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1	NUM OF POINTS 19
ROT. ANGLE, Rad.	TORS. MOMEN, KN- M
-0.10842	-939.014
-0.0577750	-960.153
-0.0325757	-987.055
-0.0118130	-936.598
-7.38733E-03	-684.906
-1.76541E-03	-183.787
-8.82707E-04	-91.8935
-1.76541E-04	-18.3787
-1.76541E-05	-1.83787
0.00000	0.00000
1.76541E-05	1.83787
1.76541E-04	18.3787
8.82707E-04	91.8935
1.76541E-03	183.787
7.38733E-03	684.906
0.0118130	936.598
0.0325757	987.055
0.0577750	960.153
0.10842	939.014

***** COMPUTATION RESULTS *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLU (Sollecitazioni da amplificare x 1.3)

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

VERT. LOAD, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
932.500	310.700	0.00000
MOMENT X, M- KN	MOMENT Y, M- KN	MOMENT Z, M- KN
0.00000	0.00000	-65.2800

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

VERTICAL, M	HORIZONTAL Y, M	HORIZONTAL Z, M
5.50224E-04	7.56659E-03	0.00000
ANGLE ROT. X,RAD	ANGLE ROT. Y,RAD	ANGLE ROT. Z,RAD
0.00000	0.00000	-4.54078E-04

THE GLOBAL STRUCTURAL COORDINATE SYSTEM

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. X, M	DISP. Y, M	DISP. Z, M	ROT. X,RAD	ROT. Y,RAD	ROT. Z,RAD
1	-1.3089E-04	7.5666E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.5408E-04
2	1.2313E-03	7.5666E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.5408E-04
MINIMUM	-1.3089E-04	7.5666E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.5408E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.2313E-03	7.5666E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.5408E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M
1	-114.75	155.96	0.0000	0.0000	0.0000	838.88
2	1047.3	154.74	0.0000	0.0000	0.0000	838.85
MINIMUM	-114.75	154.74	0.0000	0.0000	0.0000	838.85
Pile N.	1	2	1	1	1	2
MAXIMUM	1047.3	155.96	0.0000	0.0000	0.0000	838.88
Pile N.	2	1	1	1	1	1

THE PILE COORDINATE SYSTEM (LOCAL AXES)

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. x, M	DISP. y, M	DISP. z, M	ROT. x,RAD	ROT. y,RAD	ROT. z,RAD
1	-1.3089E-04	7.5666E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.5408E-04
2	1.2313E-03	7.5666E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.5408E-04
MINIMUM	-1.3089E-04	7.5666E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.5408E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.2313E-03	7.5666E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-4.5408E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	AXIAL, KN	LAT. y, KN	LAT. z, KN	MOM x, KN- M	MOM y, KN- M	MOM z, KN- M
1	-114.75	155.96	0.0000	0.0000	0.0000	838.88
2	1047.3	154.74	0.0000	0.0000	0.0000	838.85
MINIMUM	-114.75	154.74	0.0000	0.0000	0.0000	838.85
Pile N.	1	2	1	1	1	2
MAXIMUM	1047.3	155.96	0.0000	0.0000	0.0000	838.88
Pile N.	2	1	1	1	1	1

PILE GROUP	STRESS, KN/ M**2
1	8690.9
2	9877.9
MINIMUM	8690.9
Pile N.	1
MAXIMUM	9877.9
Pile N.	2

* EFFECTS FOR Laterally LOADED PILE *

* MINIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR	DISPL. z-DIR	MOMENT z-DIR	MOMENT y-DIR	SHEAR y-DIR	SHEAR z-DIR	SOIL REACT y-DIR	SOIL REACT z-DIR	TOTAL STRESS	FLEX. RIG. z-DIR	FLEX. RIG. y-DIR
	M	M	KN- M	KN- M	KN	KN	KN/ M	KN/ M	KN/ M**2	KN- M**2	KN- M**2

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

```

*****
1 -2.9220E-05 0.0000 -838.88 0.0000 -280.37 0.0000 -443.60 0.0000 146.11 1.6119E+06 1.6119E+06
x( M) 9.0720 0.0000 0.0000 0.0000 8.1760 0.0000 8.4000 0.0000 11.200 0.0000 0.0000
2 -2.8683E-05 0.0000 -838.85 0.0000 -282.53 0.0000 -502.92 0.0000 1333.4 1.6119E+06 1.6119E+06
x( M) 9.0720 0.0000 0.0000 0.0000 8.1760 0.0000 8.4000 0.0000 11.200 0.0000 0.0000

Min. -2.9220E-05 0.0000 -838.88 0.0000 -282.53 0.0000 -502.92 0.0000 146.11 1.6119E+06 1.6119E+06
Pile N. 1 1 1 1 2 1 2 1 1 1 1

```

* MAXIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-Dir M	DISPL. z-Dir M	MOMENT z-Dir KN- M	MOMENT y-Dir KN- M	SHEAR y-Dir KN	SHEAR z-Dir KN	SOIL REACT y-Dir KN/ M	SOIL REACT z-Dir KN/ M	TOTAL STRESS KN/ M**2	FLEX. RIG. z-Dir KN- M**2	FLEX. RIG. y-Dir KN- M**2
1	7.5666E-03	0.0000	613.80	0.0000	372.56	0.0000	202.27	0.0000	8690.9	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	6.0480	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	7.5666E-03	0.0000	614.42	0.0000	371.35	0.0000	202.23	0.0000	9877.9	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	6.0480	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Max.	7.5666E-03	0.0000	614.42	0.0000	372.56	0.0000	202.27	0.0000	9877.9	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1

***** SUMMARY FOR LOAD CASES AND COMBINATIONS *****

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

LOAD X, KN	LOAD Y, KN	LOAD Z, KN	MOM X, M- KN	MOM Y, M- KN	MOM Z, M- KN
932.500	310.700	0.00000	0.00000	0.00000	-65.2800

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

DISP X, M	DISP Y, M	DISP Z, M	ROT X,RAD	ROT Y,RAD	ROT Z,RAD
5.50224E-04	7.56659E-03	0.00000	0.00000	0.00000	-4.54078E-04

• **Combinazione SLV Sisma+**

GROUP for Windows, Version 2014.9.3

Serial Number : 500126203

Analysis of A Group of Piles
Subjected to Axial and Lateral Loading

(c) Copyright ENSOFT, Inc., 1987-2014
All Rights Reserved

***** INPUT INFORMATION *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLV+

ANALYSIS TYPE = 3D ANALYSIS

UNITS SYSTEM = METR

* TABLE C * LOAD AND CONTROL PARAMETERS

** LOAD CASES **

NUMBER OF LOAD CASES : 1

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

SCALE FACTOR : 1.0000

* CONCENTRATED LOADS *

NL	VERT. LOAD KN	HR. LOAD Y KN	HR. LOAD Z KN	MOMENT X KN- M	MOMENT Y KN- M	MOMENT Z KN- M	COORD X M	COORD Y M	COORD Z M
1	9.51E+02	4.29E+02	0.00	0.00	0.00	-3.14E+02	0.00	0.00	0.00

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VER. LOAD X, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
951.160	429.440	0.00000
MOMENT X, KN- M	MOMENT Y, KN- M	MOMENT Z, KN- M
0.00000	0.00000	-313.880

* DISTRIBUTED LOADS *

NL	AXIS	INI_PILE	END_PILE	INC_PILE	SET_Y	FACTOR_Y	SET_Z	FACTOR_Z
1	GLOBAL	1	0	0	1	1.0000	0	1.0000
2	GLOBAL	2	0	0	1	1.0000	0	1.0000

* THE LOADING IS STATIC *

* CONTROL PARAMETERS *

TOLERANCE ON CONVERGENCE OF PILE CAP MOVEMENT = 1.00000E-04
TOLERANCE ON DETERMINATION OF PILE DEFLECTIONS = 1.00000E-04 M
MAX NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR FOUNDATION ANALYSIS = 100
MAXIMUM NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR PILE ANALYSIS = 100
FACTOR TO APPLY THE LOAD IN INCREMENTS = 1.00000
MINIMUM FACTOR FOR LOAD INCREMENTS = 1.00000
PRINT RESULTS ONLY AT PILE CAP

** SETS OF DISTRIBUTED LOAD **

NUMBER OF SETS : 1

DIST. LOAD SET : 1

NL	DEPTH (M)	LOAD (KN)
1	0.0000	65.360
2	3.2500	100.76

* TABLE D * ARRANGEMENT OF PILE GROUPS

GROUP	CONNECTY	CONNECTZ	PILE PROP	P-Y CURVE	L-S CURVE	T-R CURVE	R-F-L SET
1	FIX	FIX	1	0	0	0	0
2	FIX	FIX	1	0	0	0	0

GROUP	CorX, M	CorY, M	CorZ, M	ALPHA, DEG	BETA, DEG	GROUND, M	SPy, KN- M	SPz, KN- M
1	0.000	-1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000
2	0.000	1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000

* TABLE E * PILE GEOMETRY AND PROPERTIES

PILE TYPE = 1 - DRIVEN PILE
= 2 - DRILLED SHAFT

PROP	SECTS	INC	PILE TYPE	LENGTH, M
1	1	100	2	11.200

* PILE SECTIONS *

PROP	SECT	FROM, M	TO, M	CROSS SECT	E, KN/ M**2
1	1	0.00000	11.2000	1	3.28370E+07

* PILE CROSS SECTIONS *

CROSS SECTION : 1
SECTION NAME : Pa1o
CROSS SECTION TYPE : CIRCULAR PIPE
EXTERNAL DIAMETER : 1000.00 MM
INTERNAL DIAMETER : 0.00000 MM
SHEAR MODULUS : 1.08696E+07 KN/ M**2

* PILE CROSS SECTIONS PROPERTIES *

SECT	DIAM, MM	AREA, MM**2	Iz, MM**4	Iy, MM**4	GJ, KN- M**2	Mn, KN- M	Vn, KN
1	1000.0	7.8540E+05	4.9087E+10	4.9087E+10	1.0671E+06	0.0000	0.0000

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

* TABLE F * SOIL DATA

SOILS INFORMATION

GROUND SURFACE = 3.25000 M

2 LAYER(S) OF SOIL

LAYER 1

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

		TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE	(M)	3.25000	5.25000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT	(KN/ M**3)	10.0000	10.0000
UNDRAINED COHESION, C	(KN/ M**2)	100.000	100.000
STRAIN AT 50% STRESS		7.00000E-03	7.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION	(KN/ M**2)	40.0000	40.0000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE	(KN/ M**2)	0.00000	0.00000

LAYER 2

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

		TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE	(M)	5.25000	15.0000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT	(KN/ M**3)	10.5000	10.5000
UNDRAINED COHESION, C	(KN/ M**2)	200.000	200.000
STRAIN AT 50% STRESS		5.00000E-03	5.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION	(KN/ M**2)	100.000	100.000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE	(KN/ M**2)	2027.00	2027.00

* TABLE H * AXIAL LOAD VS DISPLACEMENT

AXIAL LOAD-DISPLACEMENT CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1 NUM OF POINTS 19

DISPLACEMENT, M	AXIAL LOAD, KN
-0.0513701	-1920.14
-0.0259829	-1963.34
-0.0133009	-2023.53
-3.08087E-03	-1829.96
-1.64592E-03	-1272.81
-3.41882E-04	-299.726
-1.70941E-04	-149.863
-3.41882E-05	-29.9726
-3.41882E-06	-2.99726
0.00000	0.00000
3.56981E-06	3.36636
3.56981E-05	33.6636
1.78490E-04	168.318
3.56981E-04	336.636
1.71777E-03	1442.59
3.22386E-03	2166.62
0.0137398	3033.40
0.0265827	3344.38
0.0520408	3464.46

* TABLE I * TORS. MOM. VS ANGLE ROT.

TORQUE-ROTATION CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1 NUM OF POINTS 19

ROT. ANGLE, Rad.	TORS.MOMEN, KN- M
-0.10842	-939.014
-0.0577750	-960.153
-0.0325757	-987.055
-0.0118130	-936.598
-7.38733E-03	-684.906
-1.76541E-03	-183.787
-8.82707E-04	-91.8935
-1.76541E-04	-18.3787
-1.76541E-05	-1.83787
0.00000	0.00000
1.76541E-05	1.83787
1.76541E-04	18.3787
8.82707E-04	91.8935
1.76541E-03	183.787
7.38733E-03	684.906
0.0118130	936.598

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

0.0325757 987.055
 0.0577750 960.153
 0.10842 939.014

***** COMPUTATION RESULTS *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLV+

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1
 CASE NAME : Load Case
 LOAD TYPE : Dead, DL

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VERT. LOAD, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
951.160	429.440	0.00000
MOMENT X, M- KN	MOMENT Y, M- KN	MOMENT Z, M- KN
0.00000	0.00000	-313.880

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

VERTICAL, M	HORIZONTAL Y, M	HORIZONTAL Z, M
5.64343E-04	0.0114833	0.00000
ANGLE ROT. X,RAD	ANGLE ROT. Y,RAD	ANGLE ROT. Z,RAD
0.00000	0.00000	-6.96413E-04

THE GLOBAL STRUCTURAL COORDINATE SYSTEM

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. X, M	DISP. Y, M	DISP. Z, M	ROT. X,RAD	ROT. Y,RAD	ROT. Z,RAD
1	-4.8028E-04	1.1483E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.9641E-04
2	1.6090E-03	1.1483E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.9641E-04
MINIMUM	-4.8028E-04	1.1483E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.9641E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.6090E-03	1.1483E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.9641E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M
1	-403.00	215.97	0.0000	0.0000	0.0000	1160.4
2	1354.2	213.47	0.0000	0.0000	0.0000	1161.5
MINIMUM	-403.00	213.47	0.0000	0.0000	0.0000	1160.4
Pile N.	1	2	1	1	1	1
MAXIMUM	1354.2	215.97	0.0000	0.0000	0.0000	1161.5
Pile N.	2	1	1	1	1	2

THE PILE COORDINATE SYSTEM (LOCAL AXES)

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. X, M	DISP. y, M	DISP. z, M	ROT. X,RAD	ROT. y,RAD	ROT. z,RAD
1	-4.8028E-04	1.1483E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.9641E-04
2	1.6090E-03	1.1483E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.9641E-04
MINIMUM	-4.8028E-04	1.1483E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.9641E-04

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.6090E-03	1.1483E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.9641E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	AXIAL, KN	LAT. y, KN	LAT. z, KN	MOM x, KN- M	MOM y, KN- M	MOM z, KN- M
1	-403.00	215.97	0.0000	0.0000	0.0000	1160.4
2	1354.2	213.47	0.0000	0.0000	0.0000	1161.5
MINIMUM	-403.00	213.47	0.0000	0.0000	0.0000	1160.4
Pile N.	1	2	1	1	1	1
MAXIMUM	1354.2	215.97	0.0000	0.0000	0.0000	1161.5
Pile N.	2	1	1	1	1	2

PILE GROUP STRESS, KN/ M**2

1	1.2332E+04
2	1.3555E+04
MINIMUM	1.2332E+04
Pile N.	1
MAXIMUM	1.3555E+04
Pile N.	2

* EFFECTS FOR LATERALLY LOADED PILE *

* MINIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR M	DISPL. z-DIR M	MOMENT z-DIR KN- M	MOMENT y-DIR KN- M	SHEAR y-DIR KN	SHEAR z-DIR KN	SOIL REACT y-DIR KN/ M	SOIL REACT z-DIR KN/ M	TOTAL STRESS KN/ M**2	FLEX. RIG. z-DIR KN- M**2	FLEX. RIG. y-DIR KN- M**2
1	-5.1575E-05	0.0000	-1160.4	0.0000	-369.23	0.0000	-627.43	0.0000	513.11	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	9.5200	0.0000	0.0000	0.0000	8.5120	0.0000	8.6240	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
2	-6.3023E-05	0.0000	-1161.5	0.0000	-359.84	0.0000	-405.38	0.0000	1724.2	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	9.4080	0.0000	0.0000	0.0000	8.4000	0.0000	8.5120	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
Min.	-6.3023E-05	0.0000	-1161.5	0.0000	-369.23	0.0000	-627.43	0.0000	513.11	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1

* MAXIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR M	DISPL. z-DIR M	MOMENT z-DIR KN- M	MOMENT y-DIR KN- M	SHEAR y-DIR KN	SHEAR z-DIR KN	SOIL REACT y-DIR KN/ M	SOIL REACT z-DIR KN/ M	TOTAL STRESS KN/ M**2	FLEX. RIG. z-DIR KN- M**2	FLEX. RIG. y-DIR KN- M**2
1	1.1483E-02	0.0000	842.18	0.0000	489.38	0.0000	238.18	0.0000	1.2332E+04	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	6.2720	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.1483E-02	0.0000	843.51	0.0000	486.87	0.0000	238.07	0.0000	1.3555E+04	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	6.2720	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Max.	1.1483E-02	0.0000	843.51	0.0000	489.38	0.0000	238.18	0.0000	1.3555E+04	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1

***** SUMMARY FOR LOAD CASES AND COMBINATIONS *****

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

LOAD X, KN	LOAD Y, KN	LOAD Z, KN	MOM X, M- KN	MOM Y, M- KN	MOM Z, M- KN
951.160	429.440	0.00000	0.00000	0.00000	-313.880

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

DISP X, M	DISP Y, M	DISP Z, M	ROT X,RAD	ROT Y,RAD	ROT Z,RAD
5.64343E-04	0.0114833	0.00000	0.00000	0.00000	-6.96413E-04

• **Combinazione SLV Sisma-**

GROUP for Windows, Version 2014.9.3

Serial Number : 500126203

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Analysis of A Group of Piles
Subjected to Axial and Lateral Loading

(c) Copyright ENSOFT, Inc., 1987-2014
All Rights Reserved

***** INPUT INFORMATION *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLV-

ANALYSIS TYPE = 3D ANALYSIS

UNITS SYSTEM = METR

* TABLE C * LOAD AND CONTROL PARAMETERS

** LOAD CASES **

NUMBER OF LOAD CASES : 1

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL
SCALE FACTOR : 1.0000

* CONCENTRATED LOADS *

NL	VERT. LOAD KN	HR. LOAD Y KN	HR. LOAD Z KN	MOMENT X KN- M	MOMENT Y KN- M	MOMENT Z KN- M	COORD X M	COORD Y M	COORD Z M
1	9.14E+02	4.23E+02	0.00	0.00	0.00	-3.20E+02	0.00	0.00	0.00

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VER. LOAD X, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
913.840	422.700	0.00000
MOMENT X, KN- M	MOMENT Y, KN- M	MOMENT Z, KN- M
0.00000	0.00000	-319.840

* DISTRIBUTED LOADS *

NL	AXIS	INI_PILE	END_PILE	INC_PILE	SET_Y	FACTOR_Y	SET_Z	FACTOR_Z
1	GLOBAL	1	0	0	1	1.0000	0	1.0000
2	GLOBAL	2	0	0	1	1.0000	0	1.0000

* THE LOADING IS STATIC *

* CONTROL PARAMETERS *

TOLERANCE ON CONVERGENCE OF PILE CAP MOVEMENT = 1.00000E-04
TOLERANCE ON DETERMINATION OF PILE DEFLECTIONS = 1.00000E-04 M
MAX NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR FOUNDATION ANALYSIS = 100
MAXIMUM NO OF ITERATIONS ALLOWED FOR PILE ANALYSIS = 100
FACTOR TO APPLY THE LOAD IN INCREMENTS = 1.00000
MINIMUM FACTOR FOR LOAD INCREMENTS = 1.00000
PRINT RESULTS ONLY AT PILE CAP

** SETS OF DISTRIBUTED LOAD **

NUMBER OF SETS : 1

DIST. LOAD SET : 1

NL	DEPTH (M)	LOAD (KN)
1	0.0000	64.230
2	3.2500	99.030

* TABLE D * ARRANGEMENT OF PILE GROUPS

GROUP	CONNECTY	CONNECTZ	PILE PROP	P-Y CURVE	L-S CURVE	T-R CURVE	R-F-L SET
1	FIX	FIX	1	0	0	0	0
2	FIX	FIX	1	0	0	0	0

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

GROUP	CorX, M	CorY, M	CorZ, M	ALPHA, DEG	BETA, DEG	GROUND, M	SPy, KN- M	SPZ, KN- M
1	0.000	-1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000
2	0.000	1.500	0.000	0.000	90.00	3.250	0.000	0.000

* TABLE E * PILE GEOMETRY AND PROPERTIES
 PILE TYPE = 1 - DRIVEN PILE
 = 2 - DRILLED SHAFT

PROP	SECTS	INC	PILE TYPE	LENGTH, M
1	1	100	2	11.200

* PILE SECTIONS *

PROP	SECT	FROM, M	TO, M	CROSS SECT	E, KN/ M**2
1	1	0.00000	11.2000	1	3.28370E+07

* PILE CROSS SECTIONS *

CROSS SECTION : 1
 SECTION NAME : Pa1o
 CROSS SECTION TYPE : CIRCULAR PIPE
 EXTERNAL DIAMETER : 1000.00 MM
 INTERNAL DIAMETER : 0.00000 MM
 SHEAR MODULUS : 1.08696E+07 KN/ M**2

* PILE CROSS SECTIONS PROPERTIES *

SECT	DIAM, MM	AREA, MM**2	Iz, MM**4	Iy, MM**4	GJ, KN- M**2	Mn, KN- M	Vn, KN
1	1000.0	7.8540E+05	4.9087E+10	4.9087E+10	1.0671E+06	0.0000	0.0000

* TABLE F * SOIL DATA

SOILS INFORMATION

GROUND SURFACE = 3.25000 M

2 LAYER(S) OF SOIL

LAYER 1

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

	TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE (M)	3.25000	5.25000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT (KN/ M**3)	10.0000	10.0000
UNDRAINED COHESION, C (KN/ M**2)	100.000	100.000
STRAIN AT 50% STRESS	7.00000E-03	7.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION (KN/ M**2)	40.0000	40.0000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE (KN/ M**2)	0.00000	0.00000

LAYER 2

THE SOIL IS A STIFF CLAY WITHOUT FREE WATER

	TOP OF LAYER	BOTTOM OF LAYER
X COORDINATE (M)	5.25000	15.0000
EFFECTIVE UNIT WEIGHT (KN/ M**3)	10.5000	10.5000
UNDRAINED COHESION, C (KN/ M**2)	200.000	200.000
STRAIN AT 50% STRESS	5.00000E-03	5.00000E-03
ULTIMATE UNIT SIDE FRICTION (KN/ M**2)	100.000	100.000
ULTIMATE UNIT TIP RESISTANCE (KN/ M**2)	2027.00	2027.00

* TABLE H * AXIAL LOAD VS DISPLACEMENT

AXIAL LOAD-DISPLACEMENT CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1 NUM OF POINTS 19

DISPLACEMENT, M	AXIAL LOAD, KN
-0.0513701	-1920.14
-0.0259829	-1963.34
-0.0133009	-2023.53
-3.08087E-03	-1829.96
-1.64592E-03	-1272.81
-3.41882E-04	-299.726
-1.70941E-04	-149.863
-3.41882E-05	-29.9726
-3.41882E-06	-2.99726
0.00000	0.00000
3.56981E-06	3.36636
3.56981E-05	33.6636
1.78490E-04	168.318
3.56981E-04	336.636

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

1.71777E-03	1442.59
3.22386E-03	2166.62
0.0137398	3033.40
0.0265827	3344.38
0.0520408	3464.46

* TABLE I * TORS. MOM. VS ANGLE ROT.

TORQUE-ROTATION CURVES GENERATED INTERNALLY

NUM OF CURVES 1

CURVE 1	NUM OF POINTS 19
ROT. ANGLE, Rad.	TORS. MOMEN, KN- M
-0.10842	-939.014
-0.0577750	-960.153
-0.0325757	-987.055
-0.0118130	-936.598
-7.38733E-03	-684.906
-1.76541E-03	-183.787
-8.82707E-04	-91.8935
-1.76541E-04	-18.3787
-1.76541E-05	-1.83787
0.00000	0.00000
1.76541E-05	1.83787
1.76541E-04	18.3787
8.82707E-04	91.8935
1.76541E-03	183.787
7.38733E-03	684.906
0.0118130	936.598
0.0325757	987.055
0.0577750	960.153
0.10842	939.014

***** COMPUTATION RESULTS *****

Muro su pali - Rilevato Pecoraro - SLV-

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1
CASE NAME : Load Case
LOAD TYPE : Dead, DL

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

VERT. LOAD, KN	HOR. LOAD Y, KN	HOR. LOAD Z, KN
913.840	422.700	0.00000
MOMENT X, M- KN	MOMENT Y, M- KN	MOMENT Z, M- KN
0.00000	0.00000	-319.840

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

VERTICAL, M	HORIZONTAL Y, M	HORIZONTAL Z, M
5.41099E-04	0.0112169	0.00000
ANGLE ROT. X, RAD	ANGLE ROT. Y, RAD	ANGLE ROT. Z, RAD
0.00000	0.00000	-6.85535E-04

THE GLOBAL STRUCTURAL COORDINATE SYSTEM

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. X, M	DISP. Y, M	DISP. Z, M	ROT. X, RAD	ROT. Y, RAD	ROT. Z, RAD
------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M
1	-4.8720E-04	1.1217E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.8554E-04
2	1.5694E-03	1.1217E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.8554E-04
MINIMUM	-4.8720E-04	1.1217E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.8554E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.5694E-03	1.1217E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.8554E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M
1	-408.17	212.69	0.0000	0.0000	0.0000	1137.4
2	1322.0	210.11	0.0000	0.0000	0.0000	1137.8
MINIMUM	-408.17	210.11	0.0000	0.0000	0.0000	1137.4
Pile N.	1	2	1	1	1	1
MAXIMUM	1322.0	212.69	0.0000	0.0000	0.0000	1137.8
Pile N.	2	1	1	1	1	2

THE PILE COORDINATE SYSTEM (LOCAL AXES)

* PILE TOP DISPLACEMENTS *

PILE GROUP	DISP. x, M	DISP. y, M	DISP. z, M	ROT. x, RAD	ROT. y, RAD	ROT. z, RAD
1	-4.8720E-04	1.1217E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.8554E-04
2	1.5694E-03	1.1217E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.8554E-04
MINIMUM	-4.8720E-04	1.1217E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.8554E-04
Pile N.	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1.5694E-03	1.1217E-02	0.0000	0.0000	0.0000	-6.8554E-04
Pile N.	2	1	1	1	1	1

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP	AXIAL, KN	LAT. y, KN	LAT. z, KN	MOM x, KN- M	MOM y, KN- M	MOM z, KN- M
1	-408.17	212.69	0.0000	0.0000	0.0000	1137.4
2	1322.0	210.11	0.0000	0.0000	0.0000	1137.8
MINIMUM	-408.17	210.11	0.0000	0.0000	0.0000	1137.4
Pile N.	1	2	1	1	1	1
MAXIMUM	1322.0	212.69	0.0000	0.0000	0.0000	1137.8
Pile N.	2	1	1	1	1	2

PILE GROUP	STRESS, KN/ M**2
1	1.2105E+04
2	1.3272E+04
MINIMUM	1.2105E+04
Pile N.	1
MAXIMUM	1.3272E+04
Pile N.	2

* EFFECTS FOR LATERALLY LOADED PILE *

* MINIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR	DISPL. z-DIR	MOMENT z-DIR	MOMENT y-DIR	SHEAR y-DIR	SHEAR z-DIR	SOIL REACT y-DIR	SOIL REACT z-DIR	TOTAL STRESS	FLEX. RIG. z-DIR	FLEX. RIG. y-DIR
	M	M	KN- M	KN- M	KN	KN	KN/ M	KN/ M	KN/ M**2	KN- M**2	KN- M**2
1	-5.2731E-05	0.0000	-1137.4	0.0000	-353.81	0.0000	-429.23	0.0000	519.69	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	9.4080	0.0000	0.0000	0.0000	8.4000	0.0000	8.6240	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
2	-5.8376E-05	0.0000	-1137.8	0.0000	-349.30	0.0000	-240.73	0.0000	1683.2	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	9.4080	0.0000	0.0000	0.0000	8.4000	0.0000	8.6240	0.0000	11.200	0.0000	0.0000
Min.	-5.8376E-05	0.0000	-1137.8	0.0000	-353.81	0.0000	-429.23	0.0000	519.69	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1

* MAXIMUM VALUES AND LOCATIONS *

PILE	DISPL. y-DIR	DISPL. z-DIR	MOMENT z-DIR	MOMENT y-DIR	SHEAR y-DIR	SHEAR z-DIR	SOIL REACT y-DIR	SOIL REACT z-DIR	TOTAL STRESS	FLEX. RIG. z-DIR	FLEX. RIG. y-DIR
	M	M	KN- M	KN- M	KN	KN	KN/ M	KN/ M	KN/ M**2	KN- M**2	KN- M**2
1	1.1217E-02	0.0000	827.67	0.0000	481.39	0.0000	236.09	0.0000	1.2105E+04	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	6.2720	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.1217E-02	0.0000	828.65	0.0000	478.81	0.0000	235.96	0.0000	1.3272E+04	1.6119E+06	1.6119E+06
x(M)	0.0000	0.0000	6.2720	0.0000	3.2480	0.0000	5.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Max.	1.1217E-02	0.0000	828.65	0.0000	481.39	0.0000	236.09	0.0000	1.3272E+04	1.6119E+06	1.6119E+06
Pile N.	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

***** SUMMARY FOR LOAD CASES AND COMBINATIONS *****

* TABLE L * COMPUTATION ON PILE CAP

***** LOAD CASES RESULTS *****

LOAD CASE : 1

* EQUIVALENT CONCENTRATED LOAD AT ORIGIN *

LOAD X, KN	LOAD Y, KN	LOAD Z, KN	MOM X, M- KN	MOM Y, M- KN	MOM Z, M- KN
913.840	422.700	0.00000	0.00000	0.00000	-319.840

* DISPLACEMENT OF GROUPED PILE FOUNDATION AT ORIGIN *

DISP X, M	DISP Y, M	DISP Z, M	ROT X,RAD	ROT Y,RAD	ROT Z,RAD
5.41099E-04	0.0112169	0.00000	0.00000	0.00000	-6.85535E-04

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

12 APPENDICE 2: REPORT DI CALCOLO VERIFICHE DI STABILITÀ

12.1 REPORT VERIFICA DI Figura 15

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.23. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Morgenstern-Price
Settings
Apply Phreatic Correction: No
Side Function
Interslice force function option: Half-Sine
PWP Conditions Source: Piezometric Line
Use Staged Rapid Drawdown: No
Slip Surface
Direction of movement: Right to Left
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack
Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: Constant
Advanced
Number of Slices: 30
Optimization Tolerance: 0.01
Minimum Slip Surface Depth: 0.01 m
Optimization Maximum Iterations: 2000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1
Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °
Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

Materials

Rilevato esistente

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

LSA

Model: Bedrock (Impenetrable)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

LSA(a)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Model: [Mohr-Coulomb](#)
Unit Weight: [20 kN/m³](#)
Cohesion: [0 kPa](#)
Phi: [20 °](#)
Phi-B: [0 °](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

AG

Model: [Bedrock \(Impenetrable\)](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: [Range](#)
Left-Zone Left Coordinate: [\(18, 14.214862\) m](#)
Left-Zone Right Coordinate: [\(35, 17.582408\) m](#)
Left-Zone Increment: [20](#)
Right Projection: [Range](#)
Right-Zone Left Coordinate: [\(49, 27.201163\) m](#)
Right-Zone Right Coordinate: [\(62, 26.555842\) m](#)
Right-Zone Increment: [20](#)
Radius Increments: [40](#)

Slip Surface Limits

Left Coordinate: [\(0, 11.758083\) m](#)
Right Coordinate: [\(76.47505, 24.896513\) m](#)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	9.8
	28	13.6
	69.5	21.1
	76.5	22.5

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	LSA	1,2,3,4	152.9501
Region 2	AG	5,1,4,6	884.52813
Region 3	LSA(a)	2,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,3	299.7224
Region 4	Rilevato esistente	12,13,14,15	16.988762
Region 5	Rilevato esistente	11,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,16,15,12	158.51587

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	4.823924
Point 2	0	6.823924
Point 3	76.47505	20.308539
Point 4	76.47505	18.308539
Point 5	0	0
Point 6	76.47505	0
Point 7	0	11.758083
Point 8	24.43214	15.09277
Point 9	27.9758	15.576436
Point 10	30.57109	16.049129
Point 11	31.65791	16.406068
Point 12	34.60004	16.924844
Point 13	34.60004	16.417131
Point 14	68.06139	22.31727
Point 15	68.06139	22.824983
Point 16	69.54683	23.086907
Point 17	71.31668	23.156082
Point 18	73.54863	24.091906
Point 19	74.37943	24.368953
Point 20	75.76947	24.325638
Point 21	76.47505	24.896513
Point 22	33.53631	17.124103
Point 23	34.18382	17.049129
Point 24	39.27593	20.376231
Point 25	40.3058	21.049129
Point 26	42.95314	23.005096
Point 27	44.81842	24.049129
Point 28	47.4564	26.049129
Point 29	49.10187	27.277192
Point 30	60.86231	27.314087
Point 31	63.98985	25.229651
Point 32	65.65401	24.049129

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Point 33	67.87287	23.212867
----------	----------	-----------

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	8764	0.970	(33.59, 32.018)	18.006	(50.963, 27.283)	(26.6637, 15.3973)

Slices of Slip Surface: 8764

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	8764	26.991695	15.26811	-17.701183	4.2609338	1.5508531	0
2	8764	27.647765	15.02416	-14.435313	12.84258	4.6743167	0
3	8764	27.9879	14.90548	-12.818882	17.302859	6.2977256	0
4	8764	28.428515	14.77325	-10.746555	23.320959	8.488135	0
5	8764	29.285545	14.539435	-6.9346286	34.701467	12.630301	0
6	8764	30.142575	14.350265	-3.5604766	45.05967	16.400379	0
7	8764	30.874045	14.2204	0.99042257	53.958827	19.639407	0
8	8764	31.417455	14.144925	0.71287291	60.757786	21.854561	0
9	8764	32.12751	14.077395	2.6336131	68.674298	24.036844	0
10	8764	33.06671	14.02543	4.8078013	77.439509	26.43578	0
11	8764	33.860065	14.016605	6.3003546	78.999961	26.460493	0
12	8764	34.39193	14.030725	7.104574	79.141595	26.219331	0
13	8764	34.9897	14.07038	7.7751795	84.645923	27.978663	0
14	8764	35.769015	14.14826	8.3925944	90.278123	29.803895	0
15	8764	36.548325	14.26067	8.671449	94.177286	31.121579	0
16	8764	37.32764	14.408275	8.605179	96.542941	32.006728	0
17	8764	38.10696	14.59196	8.1849302	97.594616	32.542464	0
18	8764	38.886275	14.81289	7.3994576	97.554862	32.813883	0
19	8764	39.790865	15.121795	5.9733315	96.333177	32.888294	0
20	8764	40.75356	15.504995	3.9214353	94.74181	33.055913	0
21	8764	41.64908	15.923425	1.4050825	93.049774	33.35594	0
22	8764	42.52499	16.392435	-1.6420366	90.725134	33.021248	0
23	8764	43.41946	16.94126	-5.4390784	86.632738	31.531738	0
24	8764	44.3521	17.59317	-10.179641	80.924066	29.453951	0
25	8764	45.033165	18.117855	-14.117846	77.269042	28.123631	0
26	8764	45.60074	18.61071	-17.944972	66.318604	46.436786	0
27	8764	46.32928	19.3032	-23.445286	61.08673	42.773389	0
28	8764	47.080695	20.105075	-29.978057	55.271464	38.701496	0
29	8764	47.867765	21.06685	-38.014423	48.448435	33.92396	0
30	8764	48.6905	22.23834	-48.045088	40.293493	28.213807	0
31	8764	49.567145	23.77537	-61.56343	26.939605	18.863315	0
32	8764	50.497695	25.98013	-81.536932	8.2429606	5.7717832	0

12.2 REPORT VERIFICA DI Figura 21

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.23. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

Project Settings

Length(L) Units: meters
 Time(t) Units: Seconds
 Force(F) Units: kN

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Morgenstern-Price
Settings
Apply Phreatic Correction: No
Side Function
Interslice force function option: Half-Sine
PWP Conditions Source: Piezometric Line
Use Staged Rapid Drawdown: No
Slip Surface
Direction of movement: Right to Left
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack
Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: Constant
Advanced
Number of Slices: 30
Optimization Tolerance: 0.01
Minimum Slip Surface Depth: 0.01 m
Optimization Maximum Iterations: 2000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1
Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °
Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

Materials

1) Rilevato new

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 38 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

2) Rilevato esistente

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

3) LSA(a)

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 20 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

4) LSA

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Cohesion: 5 kPa
 Phi: 24 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

5) AG

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.5 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa
 Phi: 26 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
 Left-Zone Left Coordinate: (5.37239, 24.126594) m
 Left-Zone Right Coordinate: (30, 27.2) m
 Left-Zone Increment: 30
 Right Projection: Range
 Right-Zone Left Coordinate: (35, 33.153297) m
 Right-Zone Right Coordinate: (66.13241, 36.115915) m
 Right-Zone Increment: 30
 Radius Increments: 40

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 23.4) m
 Right Coordinate: (76.4, 36.478326) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	22.4
	27.9	26.2
	69.5	33.7
	76.4	35.1

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile
 Outside Point: (31.01249, 33.1533) m
 Inside Point: (31.01249, 15.6533) m
 Slip Surface Intersection: (31.012, 24.108) m
 Total Length: 17.5 m
 Reinforcement Direction: 90 °
 Applied Load Option: Variable
 F of S Dependent: No
 Pile Spacing: 1 m
 Shear Capacity: 315 kN
 Shear Safety Factor: 1
 Shear Load Used: 315 kN
 Shear Option: Perp. to Reinf.
 Resisting Force Used: 0 kN/m

Regions

	Material	Points	Area (m²)
Region 1	4) LSA	1,2,3,4,5	152.89117
Region 2	5) AG	1,5,6,7	1770.0316

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Region 3	3) LSA(a)	4,3,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	157.79237
Region 4	1) Rilevato new	8,21,22,23,24,25,26,27,28,29,10,9	72.014309
Region 5	2) Rilevato esistente	10,29,28,27,26,25,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,18,17,16,15,14,13,12,11	159.5597
Region 6	3) LSA(a)	2,40,41,42,43,44,45,8,3	131.18781

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	16.428093
Point 2	0	18.428093
Point 3	31	23.9
Point 4	76.4	31.907814
Point 5	76.4	29.907814
Point 6	76.4	0
Point 7	0	0
Point 8	31.005	27.2
Point 9	35.26249	27.153297
Point 10	36.45812	28.348929
Point 11	71.07771	34.453297
Point 12	71.89649	34.453297
Point 13	72.39649	34.953297
Point 14	72.89649	34.953297
Point 15	73.39649	35.453297
Point 16	73.58898	35.453297
Point 17	73.80122	35.665535
Point 18	74.37943	35.973121
Point 19	75.76947	35.929806
Point 20	76.4	36.478326
Point 21	31.01249	33.153297
Point 22	39.9506	33.153297
Point 23	48.76249	39.030652
Point 24	50.01249	39.055892
Point 25	52.20944	39.100254
Point 26	48.26249	35.153297
Point 27	45.76249	35.153297
Point 28	41.76249	31.153297
Point 29	39.26249	31.153297
Point 30	55.26249	39.161902
Point 31	60.51249	39.055892
Point 32	61.76249	39.030652
Point 33	66.13241	36.115915
Point 34	68.36022	35.865535
Point 35	68.61022	35.865535
Point 36	68.86022	35.615535
Point 37	69.11022	35.615535
Point 38	69.36022	35.865535
Point 39	73.46022	35.965535
Point 40	0	23.4
Point 41	24.4	26.7
Point 42	25.3	25.9
Point 43	26.7	25.9

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Point 44	28	27.2
Point 45	30.3	27.2

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	19906	1.376	(28.684, 55.798)	31.775	(55.7505, 39.1521)	(18.0785, 25.845)

Slices of Slip Surface: 19906

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	19906	18.6241	25.66288	- 7.1224252	5.7598954	2.0964305	0
2	19906	19.7154	25.320145	- 2.3035884	17.12066	6.2314105	0
3	19906	20.950875	24.98643	2.6194371	28.931915	9.5769587	0
4	19906	22.330525	24.67247	7.5413571	40.75486	12.088726	0
5	19906	23.710175	24.422285	11.83781	51.055925	14.274226	0
6	19906	24.85	24.258215	14.968676	47.823437	11.958155	0
7	19906	25.498685	24.18349	16.568402	40.302398	8.6384681	0
8	19906	26.198685	24.124125	18.085659	42.11237	8.7450078	0
9	19906	26.779045	24.080035	19.293291	44.793318	9.281251	0
10	19906	27.379045	24.053865	20.351193	57.453617	13.504178	0
11	19906	27.95	24.031285	21.357298	70.146271	17.757734	0
12	19906	28.575	24.02815	22.492907	70.672613	17.535979	0
13	19906	29.725	24.045015	24.360843	68.91433	16.216143	0
14	19906	30.6525	24.08574	25.601803	66.762322	14.981204	0
15	19906	31.008745	24.107895	26.014228	16670.837	6058.2199	0
16	19906	31.586025	24.16077	26.515737	193.54413	60.793364	0
17	19906	32.73309	24.287065	27.305734	185.48254	57.571649	0
18	19906	33.79559	24.44046	27.679584	177.09241	54.381823	0
19	19906	34.773525	24.615645	27.690578	168.70669	51.325666	0
20	19906	35.490665	24.761165	27.532513	162.32474	49.06036	0
21	19906	36.08848	24.89978	27.229286	156.75913	47.145008	0
22	19906	37.15921	25.182435	26.350662	146.46206	43.716975	0
23	19906	38.561395	25.605865	24.676848	132.75854	39.338519	0
24	19906	39.606545	25.961165	23.040107	122.46479	36.187626	0
25	19906	40.856545	26.463025	20.329014	119.97885	36.269576	0
26	19906	42.429155	27.158895	16.285312	121.07996	38.142133	0
27	19906	43.76249	27.83837	11.978649	120.92851	39.654505	0
28	19906	45.095825	28.600165	6.8652325	119.8831	41.135141	0
29	19906	46.19751	29.28985	2.0494275	118.42394	42.356859	0
30	19906	47.15783	29.95273	- 2.7534821	116.71208	42.479724	0
31	19906	47.97281	30.5495	- 7.1651035	105.18392	73.650576	0
32	19906	48.51249	30.97046	- 10.339161	102.95403	72.089191	0
33	19906	49.38749	31.707235	- 16.017736	93.503534	65.471879	0
34	19906	50.56173	32.76606	- 24.325334	77.944828	54.577556	0
35	19906	51.660205	33.863075	- 33.141812	62.963219	44.087321	0

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

36	19906	52.972705	35.344765	- 45.352182	44.052547	30.845926	0
37	19906	54.49923	37.317325	- 61.999441	20.577759	14.408702	0
38	19906	55.506475	38.767775	- 74.441769	4.2774634	2.9951121	0

12.3 REPORT VERIFICA DI Figura 22

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.23. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

Project Settings

Length(L) Units: [meters](#)
 Time(t) Units: [Seconds](#)
 Force(F) Units: [kN](#)
 Pressure(p) Units: [kPa](#)
 Strength Units: [kPa](#)
 Unit Weight of Water: [9.807 kN/m³](#)
 View: [2D](#)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: [SLOPE/W](#)
 Method: [Morgenstern-Price](#)
 Settings
 Apply Phreatic Correction: [No](#)
 Side Function
 Interslice force function option: [Half-Sine](#)
 PWP Conditions Source: [Piezometric Line](#)
 Use Staged Rapid Drawdown: [No](#)
 Slip Surface
 Direction of movement: [Right to Left](#)
 Use Passive Mode: [No](#)
 Slip Surface Option: [Entry and Exit](#)
 Critical slip surfaces saved: [1](#)
 Optimize Critical Slip Surface Location: [No](#)
 Tension Crack
 Tension Crack Option: [\(none\)](#)
 FOS Distribution
 FOS Calculation Option: [Constant](#)
 Advanced
 Number of Slices: [30](#)
 Optimization Tolerance: [0.01](#)
 Minimum Slip Surface Depth: [0.01 m](#)
 Optimization Maximum Iterations: [2000](#)
 Optimization Convergence Tolerance: [1e-007](#)
 Starting Optimization Points: [8](#)
 Ending Optimization Points: [16](#)
 Complete Passes per Insertion: [1](#)
 Driving Side Maximum Convex Angle: [5 °](#)
 Resisting Side Maximum Convex Angle: [1 °](#)

Materials

1) Rilevato new

Model: [Mohr-Coulomb](#)
 Unit Weight: [20 kN/m³](#)
 Cohesion: [0 kPa](#)
 Phi: [38 °](#)
 Phi-B: [0 °](#)
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: [1](#)

2) Rilevato esistente

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Model: [Mohr-Coulomb](#)
 Unit Weight: [20 kN/m³](#)
 Cohesion: [0 kPa](#)
 Phi: [35 °](#)
 Phi-B: [0 °](#)
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: [1](#)

3) LSA(a)

Model: [Mohr-Coulomb](#)
 Unit Weight: [20 kN/m³](#)
 Cohesion: [0 kPa](#)
 Phi: [20 °](#)
 Phi-B: [0 °](#)
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: [1](#)

4) LSA

Model: [Mohr-Coulomb](#)
 Unit Weight: [20 kN/m³](#)
 Cohesion: [5 kPa](#)
 Phi: [24 °](#)
 Phi-B: [0 °](#)
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: [1](#)

5) AG

Model: [Mohr-Coulomb](#)
 Unit Weight: [20.5 kN/m³](#)
 Cohesion: [10 kPa](#)
 Phi: [26 °](#)
 Phi-B: [0 °](#)
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: [1](#)

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: [Range](#)
 Left-Zone Left Coordinate: [\(5.37239, 24.126594\) m](#)
 Left-Zone Right Coordinate: [\(30, 27.2\) m](#)
 Left-Zone Increment: [30](#)
 Right Projection: [Range](#)
 Right-Zone Left Coordinate: [\(35, 33.153297\) m](#)
 Right-Zone Right Coordinate: [\(66.13241, 36.115915\) m](#)
 Right-Zone Increment: [30](#)
 Radius Increments: [40](#)

Slip Surface Limits

Left Coordinate: [\(0, 23.4\) m](#)
 Right Coordinate: [\(76.4, 36.478326\) m](#)

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	22.4
	27.9	26.2
	69.5	33.7
	76.4	35.1

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): [26 kN/m³](#)
 Direction: [Vertical](#)

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	50.01249	40.055892
	52.20944	40.100254

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

	55.26249	40.161902
	60.51249	40.055892

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile
 Outside Point: (31.01249, 33.1533) m
 Inside Point: (31.01249, 15.6533) m
 Slip Surface Intersection: (31.012, 24.127) m
 Total Length: 17.5 m
 Reinforcement Direction: 90 °
 Applied Load Option: Variable
 F of S Dependent: No
 Pile Spacing: 1 m
 Shear Capacity: 362 kN
 Shear Safety Factor: 1
 Shear Load Used: 362 kN
 Shear Option: Perp. to Reinf.
 Resisting Force Used: 0 kN/m

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	4) LSA	1,2,3,4,5	152.89117
Region 2	5) AG	1,5,6,7	1770.0316
Region 3	3) LSA(a)	4,3,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	157.79237
Region 4	1) Rilevato new	8,21,22,23,24,25,26,27,28,29,10,9	72.014309
Region 5	2) Rilevato esistente	10,29,28,27,26,25,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,18,17,16,15,14,13,12,11	159.5597
Region 6	3) LSA(a)	2,40,41,42,43,44,45,8,3	131.18781

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	16.428093
Point 2	0	18.428093
Point 3	31	23.9
Point 4	76.4	31.907814
Point 5	76.4	29.907814
Point 6	76.4	0
Point 7	0	0
Point 8	31.005	27.2
Point 9	35.26249	27.153297
Point 10	36.45812	28.348929
Point 11	71.07771	34.453297
Point 12	71.89649	34.453297
Point 13	72.39649	34.953297
Point 14	72.89649	34.953297
Point 15	73.39649	35.453297
Point 16	73.58898	35.453297
Point 17	73.80122	35.665535
Point 18	74.37943	35.973121
Point 19	75.76947	35.929806

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Point 20	76.4	36.478326
Point 21	31.01249	33.153297
Point 22	39.9506	33.153297
Point 23	48.76249	39.030652
Point 24	50.01249	39.055892
Point 25	52.20944	39.100254
Point 26	48.26249	35.153297
Point 27	45.76249	35.153297
Point 28	41.76249	31.153297
Point 29	39.26249	31.153297
Point 30	55.26249	39.161902
Point 31	60.51249	39.055892
Point 32	61.76249	39.030652
Point 33	66.13241	36.115915
Point 34	68.36022	35.865535
Point 35	68.61022	35.865535
Point 36	68.86022	35.615535
Point 37	69.11022	35.615535
Point 38	69.36022	35.865535
Point 39	73.46022	35.965535
Point 40	0	23.4
Point 41	24.4	26.7
Point 42	25.3	25.9
Point 43	26.7	25.9
Point 44	28	27.2
Point 45	30.3	27.2
Point 46	50.01249	40.055892
Point 47	52.20944	40.100254
Point 48	55.26249	40.161902
Point 49	60.51249	40.055892

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	19946	1.375	(28.878, 57.604)	33.545	(56.8768, 39.1293)	(18.0785, 25.845)

Slices of Slip Surface: 19946

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	19946	18.63977	25.6651	7.1233416	5.7369797	2.0880899	0
2	19946	19.762415	25.326635	2.3044777	17.069062	6.2126306	0
3	19946	21.003115	25.003995	2.5168904	28.632114	9.5051641	0
4	19946	22.36187	24.705315	7.2613022	40.0404	11.930616	0
5	19946	23.720625	24.46502	11.432532	50.080321	14.066645	0
6	19946	24.85	24.304855	14.51199	46.782306	11.745434	0
7	19946	25.498685	24.230305	16.109398	39.283887	8.434824	0
8	19946	26.198685	24.170015	17.635901	41.157394	8.5611234	0
9	19946	26.779045	24.124885	18.853333	43.905463	9.1182297	0
10	19946	27.379045	24.096625	19.931905	56.697774	13.381682	0
11	19946	27.95	24.071935	20.957973	69.543365	17.683636	0
12	19946	28.575	24.065355	22.127791	70.218869	17.503721	0
13	19946	29.725	24.074685	24.06971	68.743279	16.25985	0

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

14	19946	30.6525	24.107885	25.384263	66.832524	15.085933	0
15	19946	31.008745	24.1268	25.82891	19651.823	7143.2778	0
16	19946	31.586025	24.1735	26.391502	196.3461	61.858415	0
17	19946	32.73309	24.28632	27.313091	188.65163	58.722426	0
18	19946	33.79559	24.425155	27.829815	180.56556	55.591264	0
19	19946	34.773525	24.584935	27.991777	172.41815	52.566901	0
20	19946	35.490665	24.71812	27.953748	166.1886	50.31337	0
21	19946	36.08848	24.845365	27.763008	160.74433	48.401242	0
22	19946	37.15921	25.105385	27.105848	150.62951	44.958937	0
23	19946	38.561395	25.49548	25.759867	137.13287	40.536457	0
24	19946	39.606545	25.823065	24.394788	126.97764	37.337106	0
25	19946	40.856545	26.28572	22.06761	124.85682	37.412214	0
26	19946	42.429155	26.926725	18.56165	126.52053	39.29382	0
27	19946	43.76249	27.55141	14.793194	126.92266	40.811787	0
28	19946	45.095825	28.249935	10.299986	126.54081	42.308201	0
29	19946	46.66284	29.18166	3.9332677	124.97011	44.053806	0
30	19946	47.91284	29.986035	- 1.7451972	123.37185	44.903683	0
31	19946	48.450025	30.361755	- 4.4801938	122.56386	44.609598	0
32	19946	48.700025	30.542245	- 5.8081126	112.47382	78.755019	0
33	19946	49.38749	31.071125	-9.77964	104.1132	72.900845	0
34	19946	50.56173	32.01976	- 17.006181	106.48309	74.560259	0
35	19946	51.660205	32.99372	- 24.616108	91.949662	64.383846	0
36	19946	52.972705	34.29104	- 35.018138	74.02471	51.83266	0
37	19946	54.49923	35.98447	- 48.924762	52.34244	36.650571	0
38	19946	56.069665	38.009165	- 66.004402	27.734451	19.419872	0

12.4 REPORT VERIFICA DI Figura 23

Sisma+

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.23. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

Project Settings

Length(L) Units: meters
 Time(t) Units: Seconds
 Force(F) Units: kN
 Pressure(p) Units: kPa
 Strength Units: kPa
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 View: 2D

Analysis Settings

Sisma+

Kind: SLOPE/W
 Method: Morgenstern-Price
 Settings
 Apply Phreatic Correction: No
 Side Function

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Interslice force function option: [Half-Sine](#)
PWP Conditions Source: [Piezometric Line](#)
Use Staged Rapid Drawdown: [No](#)
Slip Surface
Direction of movement: [Right to Left](#)
Use Passive Mode: [No](#)
Slip Surface Option: [Entry and Exit](#)
Critical slip surfaces saved: [1](#)
Optimize Critical Slip Surface Location: [No](#)
Tension Crack
Tension Crack Option: [\(none\)](#)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: [Constant](#)
Advanced
Number of Slices: [30](#)
Optimization Tolerance: [0.01](#)
Minimum Slip Surface Depth: [0.01 m](#)
Optimization Maximum Iterations: [2000](#)
Optimization Convergence Tolerance: [1e-007](#)
Starting Optimization Points: [8](#)
Ending Optimization Points: [16](#)
Complete Passes per Insertion: [1](#)
Driving Side Maximum Convex Angle: [5 °](#)
Resisting Side Maximum Convex Angle: [1 °](#)

Materials

1) Rilevato new

Model: [Mohr-Coulomb](#)
Unit Weight: [20 kN/m³](#)
Cohesion: [0 kPa](#)
Phi: [38 °](#)
Phi-B: [0 °](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

2) Rilevato esistente

Model: [Mohr-Coulomb](#)
Unit Weight: [20 kN/m³](#)
Cohesion: [0 kPa](#)
Phi: [35 °](#)
Phi-B: [0 °](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

3) LSA(a)

Model: [Mohr-Coulomb](#)
Unit Weight: [20 kN/m³](#)
Cohesion: [0 kPa](#)
Phi: [20 °](#)
Phi-B: [0 °](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

4) LSA

Model: [Mohr-Coulomb](#)
Unit Weight: [20 kN/m³](#)
Cohesion: [5 kPa](#)
Phi: [24 °](#)
Phi-B: [0 °](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

5) AG

Model: [Mohr-Coulomb](#)
Unit Weight: [20.5 kN/m³](#)
Cohesion: [10 kPa](#)
Phi: [26 °](#)
Phi-B: [0 °](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
 Left-Zone Left Coordinate: (5.37239, 24.126594) m
 Left-Zone Right Coordinate: (30, 27.2) m
 Left-Zone Increment: 30
 Right Projection: Range
 Right-Zone Left Coordinate: (35, 33.153297) m
 Right-Zone Right Coordinate: (66.13241, 36.115915) m
 Right-Zone Increment: 30
 Radius Increments: 40

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 23.4) m
 Right Coordinate: (76.4, 36.478326) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	22.4
	27.9	26.2
	69.5	33.7
	76.4	35.1

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.04
 Vert Seismic Load: 0.02
 Ignore seismic load in strength: Yes

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile
 Outside Point: (31.01249, 33.1533) m
 Inside Point: (31.01249, 15.6533) m
 Slip Surface Intersection: (31.012, 24.034) m
 Total Length: 17.5 m
 Reinforcement Direction: 90 °
 Applied Load Option: Variable
 F of S Dependent: No
 Pile Spacing: 1 m
 Shear Capacity: 466 kN
 Shear Safety Factor: 1
 Shear Load Used: 466 kN
 Shear Option: Perp. to Reinf.
 Resisting Force Used: 0 kN/m

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	4) LSA	1,2,3,4,5	152.89117
Region 2	5) AG	1,5,6,7	1770.0316
Region 3	3) LSA(a)	4,3,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	157.79237
Region 4	1) Rilevato new	8,21,22,23,24,25,26,27,28,29,10,9	72.014309
Region 5	2) Rilevato esistente	10,29,28,27,26,25,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,18,17,16,15,14,13,12,11	159.5597
Region 6	3) LSA(a)	2,40,41,42,43,44,45,8,3	131.18781

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	16.428093
Point 2	0	18.428093
Point 3	31	23.9
Point 4	76.4	31.907814

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Point 5	76.4	29.907814
Point 6	76.4	0
Point 7	0	0
Point 8	31.005	27.2
Point 9	35.26249	27.153297
Point 10	36.45812	28.348929
Point 11	71.07771	34.453297
Point 12	71.89649	34.453297
Point 13	72.39649	34.953297
Point 14	72.89649	34.953297
Point 15	73.39649	35.453297
Point 16	73.58898	35.453297
Point 17	73.80122	35.665535
Point 18	74.37943	35.973121
Point 19	75.76947	35.929806
Point 20	76.4	36.478326
Point 21	31.01249	33.153297
Point 22	39.9506	33.153297
Point 23	48.76249	39.030652
Point 24	50.01249	39.055892
Point 25	52.20944	39.100254
Point 26	48.26249	35.153297
Point 27	45.76249	35.153297
Point 28	41.76249	31.153297
Point 29	39.26249	31.153297
Point 30	55.26249	39.161902
Point 31	60.51249	39.055892
Point 32	61.76249	39.030652
Point 33	66.13241	36.115915
Point 34	68.36022	35.865535
Point 35	68.61022	35.865535
Point 36	68.86022	35.615535
Point 37	69.11022	35.615535
Point 38	69.36022	35.865535
Point 39	73.46022	35.965535
Point 40	0	23.4
Point 41	24.4	26.7
Point 42	25.3	25.9
Point 43	26.7	25.9
Point 44	28	27.2
Point 45	30.3	27.2

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	16212	1.376	(27.103, 65.128)	41.28	(59.1296, 39.0838)	(15.5372, 25.5013)

Slices of Slip Surface: 16212

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	16212	16.161635	25.329695	-7.1440925	5.7361214	0	2.0247
2	16212	17.41043	25.0072	-2.3133481	16.996726	0	5.9947
3	16212	18.830475	24.69358	2.6591301	28.722126	0	9.1661

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

4	16212	20.421765	24.400285	7.6611055	40.473508	0	11.509
5	16212	22.01306	24.170895	12.035931	50.679375	0	13.546
6	16212	23.604355	24.00434	15.794845	59.154436	0	15.21
7	16212	24.85	23.912065	18.363704	54.305619	0	12.595
8	16212	25.498685	23.87974	19.547427	45.834636	0	9.1843
9	16212	26.198685	23.86103	20.665648	46.609139	0	9.0779
10	16212	26.779045	23.84943	21.554611	48.478109	0	9.433
11	16212	27.379045	23.8523	22.327753	60.200666	0	13.34
12	16212	27.95	23.856815	23.068133	72.046798	0	17.306
13	16212	28.575	23.878365	23.962139	72.03328	0	17.008
14	16212	29.725	23.935495	25.434598	69.557452	0	15.649
15	16212	30.6525	24.002525	26.416665	67.065515	0	14.45
16	16212	31.008745	24.03331	26.74461	24289.72	0	8030.5
17	16212	31.586025	24.096335	27.148051	193.43181	0	59.214
18	16212	32.73309	24.237975	27.786726	185.90696	0	56.462
19	16212	33.60679	24.364845	28.087014	179.75689	0	54.279
20	16212	34.272735	24.477255	28.162181	174.77514	0	52.559
21	16212	34.9505	24.60219	28.135304	169.53243	0	50.784
22	16212	35.490665	24.709965	28.034271	165.25544	0	49.355
23	16212	36.08848	24.83976	27.818463	160.38094	0	47.757
24	16212	37.15921	25.098335	27.175364	151.38771	0	44.877
25	16212	38.561395	25.47708	25.939938	139.39094	0	41.139
26	16212	39.606545	25.78905	24.728766	130.35266	0	38.401
27	16212	40.856545	26.21865	22.725522	129.86013	0	39.046
28	16212	42.429155	26.805515	19.750518	133.75227	0	41.649
29	16212	43.76249	27.366265	16.608444	136.18732	0	43.756
30	16212	45.095825	27.98333	12.914326	137.95845	0	45.811
31	16212	46.38749	28.63657	8.7917777	139.08408	0	47.775
32	16212	47.63749	29.325345	4.2473593	139.59624	0	49.662
33	16212	48.48274	29.81718	0.91844169	139.70816	0	50.944
34	16212	48.73274	29.96884	-0.12688265	139.68516	0	51.277
35	16212	49.33627	30.354005	-2.8370726	133.67859	0	49.084
36	16212	49.96127	30.75493	-5.6639155	117.84482	0	83.913
37	16212	50.56173	31.168405	-8.6571008	110.77164	0	79.04
38	16212	51.660205	31.95441	-14.423647	97.935632	0	70.158
39	16212	52.972705	32.97512	-22.112988	82.309967	0	59.264
40	16212	54.49923	34.26682	-32.081655	63.784133	0	46.229
41	16212	55.907005	35.57254	-42.397609	45.76935	0	33.404
42	16212	57.19604	36.88749	-53.013995	28.076225	0	20.645
43	16212	58.485075	38.32906	-64.871471	9.444323	0	7.0066

12.5 REPORT VERIFICA DI Figura 24

Sisma-

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.23. Copyright © 1991-2013 GEO-SLOPE International Ltd.

Project Settings

Length(L) Units: meters

Time(t) Units: Seconds

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

Sisma-

Kind: [SLOPE/W](#)
Method: [Morgenstern-Price](#)
Settings
Apply Phreatic Correction: [No](#)
Side Function
Interslice force function option: [Half-Sine](#)
PWP Conditions Source: [Piezometric Line](#)
Use Staged Rapid Drawdown: [No](#)
Slip Surface
Direction of movement: [Right to Left](#)
Use Passive Mode: [No](#)
Slip Surface Option: [Entry and Exit](#)
Critical slip surfaces saved: [1](#)
Optimize Critical Slip Surface Location: [No](#)
Tension Crack
Tension Crack Option: [\(none\)](#)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: [Constant](#)
Advanced
Number of Slices: [30](#)
Optimization Tolerance: [0.01](#)
Minimum Slip Surface Depth: [0.01 m](#)
Optimization Maximum Iterations: [2000](#)
Optimization Convergence Tolerance: [1e-007](#)
Starting Optimization Points: [8](#)
Ending Optimization Points: [16](#)
Complete Passes per Insertion: [1](#)
Driving Side Maximum Convex Angle: [5 °](#)
Resisting Side Maximum Convex Angle: [1 °](#)

Materials

1) Rilevato new

Model: [Mohr-Coulomb](#)
Unit Weight: [20 kN/m³](#)
Cohesion: [0 kPa](#)
Phi: [38 °](#)
Phi-B: [0 °](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

2) Rilevato esistente

Model: [Mohr-Coulomb](#)
Unit Weight: [20 kN/m³](#)
Cohesion: [0 kPa](#)
Phi: [35 °](#)
Phi-B: [0 °](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

3) LSA(a)

Model: [Mohr-Coulomb](#)
Unit Weight: [20 kN/m³](#)
Cohesion: [0 kPa](#)
Phi: [20 °](#)
Phi-B: [0 °](#)
Pore Water Pressure
Piezometric Line: [1](#)

4) LSA

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Phi: 24 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

5) AG

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.5 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa
 Phi: 26 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
 Left-Zone Left Coordinate: (5.37239, 24.126594) m
 Left-Zone Right Coordinate: (30, 27.2) m
 Left-Zone Increment: 30
 Right Projection: Range
 Right-Zone Left Coordinate: (35, 33.153297) m
 Right-Zone Right Coordinate: (66.13241, 36.115915) m
 Right-Zone Increment: 30
 Radius Increments: 40

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 23.4) m
 Right Coordinate: (76.4, 36.478326) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	22.4
	27.9	26.2
	69.5	33.7
	76.4	35.1

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.04
 Vert Seismic Load: -0.02
 Ignore seismic load in strength: No

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile
 Outside Point: (31.01249, 33.1533) m
 Inside Point: (31.01249, 15.6533) m
 Slip Surface Intersection: (31.012, 24.034) m
 Total Length: 17.5 m
 Reinforcement Direction: 90 °
 Applied Load Option: Variable
 F of S Dependent: No
 Pile Spacing: 1 m
 Shear Capacity: 458 kN
 Shear Safety Factor: 1
 Shear Load Used: 458 kN
 Shear Option: Perp. to Reinf.
 Resisting Force Used: 0 kN/m

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	4) LSA	1,2,3,4,5	152.89117
Region 2	5) AG	1,5,6,7	1770.0316

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Region 3	3) LSA(a)	4,3,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	157.79237
Region 4	1) Rilevato new	8,21,22,23,24,25,26,27,28,29,10,9	72.014309
Region 5	2) Rilevato esistente	10,29,28,27,26,25,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,18,17,16,15,14,13,12,11	159.5597
Region 6	3) LSA(a)	2,40,41,42,43,44,45,8,3	131.18781

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	16.428093
Point 2	0	18.428093
Point 3	31	23.9
Point 4	76.4	31.907814
Point 5	76.4	29.907814
Point 6	76.4	0
Point 7	0	0
Point 8	31.005	27.2
Point 9	35.26249	27.153297
Point 10	36.45812	28.348929
Point 11	71.07771	34.453297
Point 12	71.89649	34.453297
Point 13	72.39649	34.953297
Point 14	72.89649	34.953297
Point 15	73.39649	35.453297
Point 16	73.58898	35.453297
Point 17	73.80122	35.665535
Point 18	74.37943	35.973121
Point 19	75.76947	35.929806
Point 20	76.4	36.478326
Point 21	31.01249	33.153297
Point 22	39.9506	33.153297
Point 23	48.76249	39.030652
Point 24	50.01249	39.055892
Point 25	52.20944	39.100254
Point 26	48.26249	35.153297
Point 27	45.76249	35.153297
Point 28	41.76249	31.153297
Point 29	39.26249	31.153297
Point 30	55.26249	39.161902
Point 31	60.51249	39.055892
Point 32	61.76249	39.030652
Point 33	66.13241	36.115915
Point 34	68.36022	35.865535
Point 35	68.61022	35.865535
Point 36	68.86022	35.615535
Point 37	69.11022	35.615535
Point 38	69.36022	35.865535
Point 39	73.46022	35.965535
Point 40	0	23.4
Point 41	24.4	26.7
Point 42	25.3	25.9
Point 43	26.7	25.9

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

Point 44	28	27.2
Point 45	30.3	27.2

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	16212	1.375	(27.103, 65.128)	41.28	(59.1296, 39.0838)	(15.5372, 25.5013)

Slices of Slip Surface: 16212

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	16212	16.161635	25.329695	-7.1440925	5.5345966	2.0144284	0
2	16212	17.41043	25.0072	-2.3133481	16.433957	5.9814711	0
3	16212	18.830475	24.69358	2.6591301	27.818326	9.1571986	0
4	16212	20.421765	24.400285	7.6611055	39.241306	11.494253	0
5	16212	22.01306	24.170895	12.035931	49.165841	13.514182	0
6	16212	23.604355	24.00434	15.794845	57.389295	15.139142	0
7	16212	24.85	23.912065	18.363704	52.674719	12.488188	0
8	16212	25.498685	23.87974	19.547427	44.446546	9.0625379	0
9	16212	26.198685	23.86103	20.665648	45.192208	8.9269377	0
10	16212	26.779045	23.84943	21.554611	46.998629	9.2608652	0
11	16212	27.379045	23.8523	22.327753	58.251402	13.075139	0
12	16212	27.95	23.856815	23.068133	69.671299	16.962166	0
13	16212	28.575	23.878365	23.962139	69.606998	16.61337	0
14	16212	29.725	23.935495	25.434598	67.1111	15.169006	0
15	16212	30.6525	24.002525	26.416665	64.616465	13.90359	0
16	16212	31.008745	24.03331	26.74461	25998.972	9453.1177	0
17	16212	31.586025	24.096335	27.148051	187.15741	58.238644	0
18	16212	32.73309	24.237975	27.786726	179.52467	55.228095	0
19	16212	33.60679	24.364845	28.087014	173.3088	52.856408	0
20	16212	34.272735	24.477255	28.162181	168.28653	51.001092	0
21	16212	34.9505	24.60219	28.135304	163.03435	49.099236	0
22	16212	35.490665	24.709965	28.034271	158.7586	47.579763	0
23	16212	36.08848	24.83976	27.818463	153.89864	45.889431	0
24	16212	37.15921	25.098335	27.175364	144.96894	42.873354	0
25	16212	38.561395	25.47708	25.939938	133.1288	39.013554	0
26	16212	39.606545	25.78905	24.728766	124.25599	36.224947	0
27	16212	40.856545	26.21865	22.725522	123.56902	36.704031	0
28	16212	42.429155	26.805515	19.750518	127.07406	39.062574	0
29	16212	43.76249	27.366265	16.608444	129.27056	41.005658	0
30	16212	45.095825	27.98333	12.914326	130.87795	42.935247	0
31	16212	46.38749	28.63657	8.7917777	131.92618	44.817256	0
32	16212	47.63749	29.325345	4.2473593	132.43461	46.656345	0
33	16212	48.48274	29.81718	0.91844169	132.57944	47.920683	0
34	16212	48.73274	29.96884	-	132.57313	48.252674	0
35	16212	49.33627	30.354005	-2.8370726	126.88747	46.183263	0
36	16212	49.96127	30.75493	-5.6639155	112.50449	78.776493	0
37	16212	50.56173	31.168405	-8.6571008	105.79819	74.08069	0
38	16212	51.660205	31.95441	-14.423647	93.647976	65.573019	0
39	16212	52.972705	32.97512	-22.112988	78.875068	55.228917	0
40	16212	54.49923	34.26682	-32.081655	61.354262	42.960716	0
41	16212	55.907005	35.57254	-42.397609	44.239872	30.977092	0

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

OS 107 - DISSESTO AL KM 24+800 - Relazione di Calcolo

42	16212	57.19604	36.88749	-53.013995	27.297982	19.114253	0
43	16212	58.485075	38.32906	-64.871471	9.2498647	6.476825	0