



# 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 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:

### MODIFICA TECNICA N. 94

## OPERE DI SOSTEGNO - ASSE PRINCIPALE - Lotto 2b - Asse destro OS41 - Muro di sostegno dx dal km 29+410.09 al km 29+521.98 Relazione descrittiva e di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP): F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	P E	OS41	R C 0 1	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
0 7	PEOS41RC01_50_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	Relazione
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 polifi@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

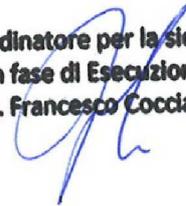


Il Geologo  
dott. Pietro Accolti Gil



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

1	Introduzione .....	4
2	Documenti di riferimento .....	14
2.1	Normative, raccomandazioni, linee guida.....	14
2.2	Bibliografia.....	14
3	Elaborati di progetto di riferimento (PEA) .....	15
4	Caratteristiche dei materiali.....	17
4.1	Acciaio .....	17
4.1.1	Acciaio per armatura strutture in c.a. ....	17
4.2	Calcestruzzo .....	17
4.2.1	Calcestruzzo per fondazioni e paramento verticale .....	17
5	Stratigrafia e caratterizzazione geotecnica di riferimento (PEA) .....	19
5.1	Inquadramento geologico .....	19
5.2	Inquadramento idrogeologico.....	20
5.3	Livello della falda .....	20
5.4	Profilo stratigrafico e caratteristiche geotecniche del terreno .....	21
5.5	Categoria di sottosuolo ai fini della caratterizzazione sismica .....	23
6	Caratterizzazione sismica dell'area .....	24
6.1	Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	24
6.2	Azione sismica di riferimento .....	24
7	Descrizione delle opere .....	27
8	Analisi dei carichi .....	28
8.1	Azioni permanenti.....	28
8.1.1	Peso proprio.....	28
8.1.2	Spinta delle terre statica.....	28
8.2	Azioni variabili.....	30
8.2.1	Sovraccarichi.....	30
8.2.2	Azioni climatiche .....	31
8.3	Azione sismica.....	31
8.3.1	Spinta a tergo del muro .....	31
8.3.2	Forze di inerzia.....	33
9	Criteri di verifica e combinazioni di carico .....	34

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

9.1	Verifiche geotecniche (SLU-GEO e SLU-EQU).....	35
9.1.1	Verifica allo scorrimento sul piano di posa.....	35
9.1.2	Verifica al ribaltamento.....	36
9.1.3	Verifica di capacità portante.....	37
9.1.4	Verifica di stabilità globale.....	40
9.1.5	Coefficienti parziali per la resistenza.....	40
9.2	Verifiche geotecniche (SLE-GEO).....	41
9.2.1	Stima dei cedimenti dell’opera.....	41
9.2.2	Stima degli spostamenti orizzontali dell’opera.....	42
9.2.3	Stima delle rotazioni dell’opera.....	43
9.3	Verifiche strutturali (STR).....	44
9.3.1	Verifiche SLU.....	44
9.3.2	Verifiche SLE.....	44
10	Sezioni tipo e risultati di calcolo.....	45
10.1	Caratteristiche geotecniche terreno spingente.....	46
10.2	Caratteristiche geotecniche terreno di fondazione (formazione LSA).....	47
10.3	Falda.....	47
10.4	Caratteristiche geometriche muro.....	47
10.5	Caratterizzazione sismica.....	48
10.6	SLU_Statico.....	48
10.7	SLU_Sismico.....	51
10.8	GEO_Statico.....	54
10.9	GEO_Sismico (condizioni drenate).....	57
10.10	GEO_Sismico (condizioni non drenate).....	60
10.11	SLE_Rare_Frequenti_Quasi permanenti.....	62
10.12	Sollecitazioni in fondazione e paramento.....	63
10.13	Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno - terreno.....	63
10.13.1	Stabilità globale – Condizioni statiche.....	65
10.13.2	Stabilità globale – Condizioni sismiche.....	66
10.13.3	Stima dei cedimenti.....	67
10.13.4	Stima degli spostamenti orizzontali.....	81
10.13.5	Stima della rotazione.....	81
10.14	Risultati delle verifiche strutturali.....	82
10.14.1	Verifica paramento verticale.....	82

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 DETTAGLIO

---

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

10.14.2	Verifica fondazione.....	86
11	Scavo provvisorio - Criteri di verifica e combinazioni di carico .....	90
11.1	Verifiche agli SLU .....	90
11.1.1	Verifica di stabilità dello scavo (GEO) .....	90
11.2	Scavo provvisorio - Sezioni tipo e risultati di calcolo.....	91
12	Allegato 1 – Verifiche di stabilità – file di input ed output del modello di calcolo adottato.....	92

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione di calcolo, relativa al muro di controripa denominato "OS41", di sostegno dell'asse principale nella tratta compresa fra le progressive km 29+410.09 e km 29+521.98, viene riemessa nella presente fase di Progetto Esecutivo di Dettaglio (PED), a seguito della modifica tecnica, resasi necessaria in corso di esecuzione delle opere, che prevede un manufatto in cemento armato gettato in opera (fondazione ed elevazione), in luogo della soluzione di Progetto esecutivo Approvato (PEA) che prevedeva di contro un manufatto con fondazione in cemento armato in opera e paramento verticale prefabbricato.

La modifica tecnica, derivante da esigenze di cantiere è volta ad agevolare le dinamiche di cantiere legate all'approvvigionamento dei materiali e conseguentemente a contenere i tempi complessivi di realizzazione dell'opera. Al fine di mantenere le stesse caratteristiche estetiche e prestazionali, del manufatto prefabbricato è previsto il rivestimento del paramento in c.a., mediante fissaggio di pannelli prefabbricati con finitura superficiale tipo pietra ottenuta con casseri a matrice, in analogia con quanto previsto su tutte le paratie in corso di realizzazione.

Rispetto alla configurazione di (PEA) del manufatto in esame è stata mantenuta pressochè invariata la geometria, sostituendo su richiesta del C.G., la fondazione inclinata con una fondazione piana, di maggiore larghezza e dotata di dente di taglio posto nella parte posteriore.

Nella presente fase di cantiere si è proceduto al solo scopo di verificare le ipotesi di PEA sulla stratigrafia, all'esecuzione di n°2 sondaggi a carotaggio continuo.

In particolare la stratigrafia del sondaggio S1 è la seguente:

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO



Committente Bolognetta S.C.P.A.		Profondità raggiunta 10	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina 1					
Operatore ANTONIO FERRANTE		Località 0541 Direzione Ag			Inizio/Fine esecuzione 10-04-15					
Responsabile ROBERTO TORRE		Sondaggio S1_OS41_2015	Tipo Carotaggio Carotaggio continuo	Tipo Sonda EGT MD 710	Coordinate X Y					
Profondità (m)	Litologia	Descrizione litologica	Spessore dello strato	% carotaggio	S.P.T.					
					Prodotto per litologia	Compensato	Modulo Perforazione	Risultato Standardizzato	Penetrazione	
0		Terreno vegetale	0,80							
1		Limi argilloso sabbiosi con inclusi elementi litici, a struttura caotica ed alterati.	0,70	%C=60						
2		Calcolutiti dolomitizzate con venature di calcite molto fratturate	0,30	%C=95 %C=80						
3		Argille limoso-sabbiose a struttura caotica con numerosi inclusi litici di dimensione centimetrica di colore giallastro						3,00		
4			4,60					3,50		
5										
6										
7		Alternanza di peliti grigiastre e argille limose consistenti di colore grigio								
8			3,60							
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Responsabile: Dott. Geol. Roberto Torre

Figura 1 – Stratigrafia sondaggio S1\_OS 41\_2015

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO



Figura 2 – Foto cassette sondaggio S1\_OS 41\_2015

La stratigrafia del sondaggio S2 è la seguente:

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO



Committente Bolognetta S.C.P.A.		Profondità raggiunta 10	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina 1						
Operatore ANTONIO FERRANTE		Località 0541 Direzione PA			Inizio/Fine esecuzione 10-04-15						
Responsabile ROBERTO TORRE		Sondaggio S2_OS41_2015	Tipo Carotaggio Carotaggio continuo	Tipo Sonda EGT MD 710	Coordinate X Y						
Profondità (m)	Litologia	Descrizione litologica	Spessore dello strato	% carotaggio	S.P.T.	Probetta (kg/cm²)	Compatt.	Modulo di elasticità (kg/cm²)	Modulo di resistenza (kg/cm²)	Modulo di deformazione (kg/cm²)	Modulo di compressione (kg/cm²)
0		Terreno detritico di riporto sciolto costituito da limi sabbiosi	1.55	MC=40							
1		Argille limose sabbiose a struttura caotica di colore giallastro.	2.25	MC=100				3.00			
2		Alternanza di peliti grigiastre e argille limose consistenti di colore grigio	6.20	MC=95				3.50			
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Responsabile: Dott. Geol. Roberto Torre

Figura 3 – Stratigrafia sondaggio S2\_OS 41\_2015

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO



Figura 4 – Foto cassette sondaggio S2\_OS 41\_2015

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

Dalla stratigrafia desunta dai suddetti sondaggi si evince che la fondazione del muro risulterà attestata sulle argille limose consistenti di colore grigio (Ag), tuttavia a vantaggio di sicurezza, si è ritenuto opportuno mantenere invariate le ipotesi di PEA relativamente al modello stratigrafico e geotecnico di riferimento per le verifiche geotecniche e strutturali del muro in esame.

Per quanto riguarda la fondazione, è stata confermata la tipologia in opera e diretta come da Progetto Esecutivo Approvato (PEA), ma è stata leggermente rivista la geometria della stessa eliminando il piano inclinato di fondazione ed inserendo un dente di taglio posteriore ribassato rispetto alla quota intradosso fondazione di 50 cm.

Inoltre al fine di ridurre gli scavi a tergo del muro stesso e conseguentemente gli scavi di sbancamento del versante, nella presente fase di PED si è previsto di alzare di 30 cm la quota di imposta dello spigolo anteriore della fondazione, essendo tale operazione compatibile con la geometria stradale e dei manufatti di bordo. Così facendo, avendo inoltre variato per ragioni di calcolo lo spessore della ciabatta di fondazione (70 cm costante + dente di taglio PED rispetto ai 50 cm PEA), il paramento verticale è passato da altezza 4.50 m ( PEA) a 4.0 m (PED), pur mantenendo inalterata la quota di sommità del muro.

Di seguito si riporta la geometria del manufatto nella configurazione di PEA ed in quella di PED.

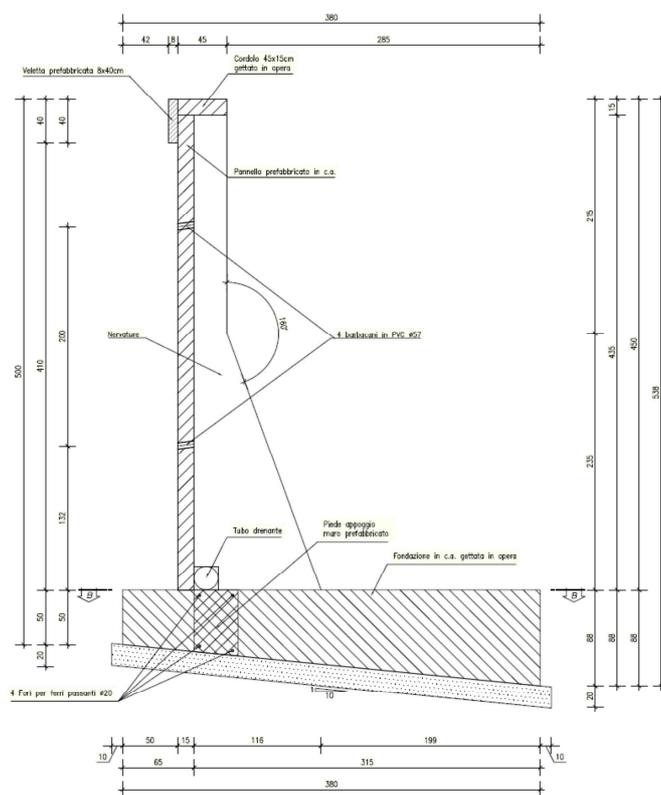


Figura 5 - Sezione tipo manufatto configurazione PEA

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

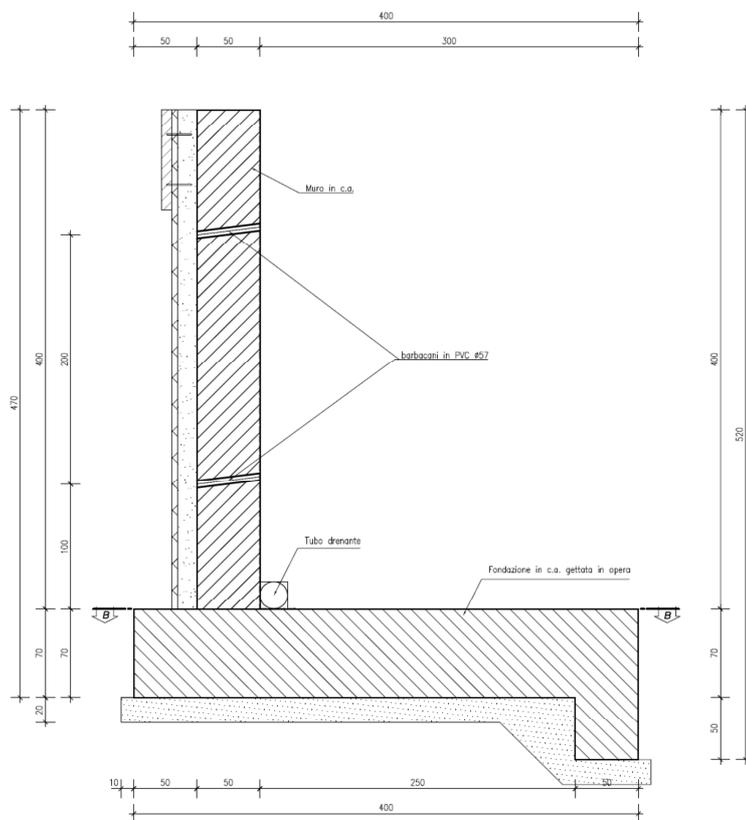


Figura 6 - Sezione tipo manufatto configurazione PED

Per una migliore comprensione, si riporta una immagine del sovrapposto fra muro previsto in PEA (rosso) e quello previsto in PED.

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

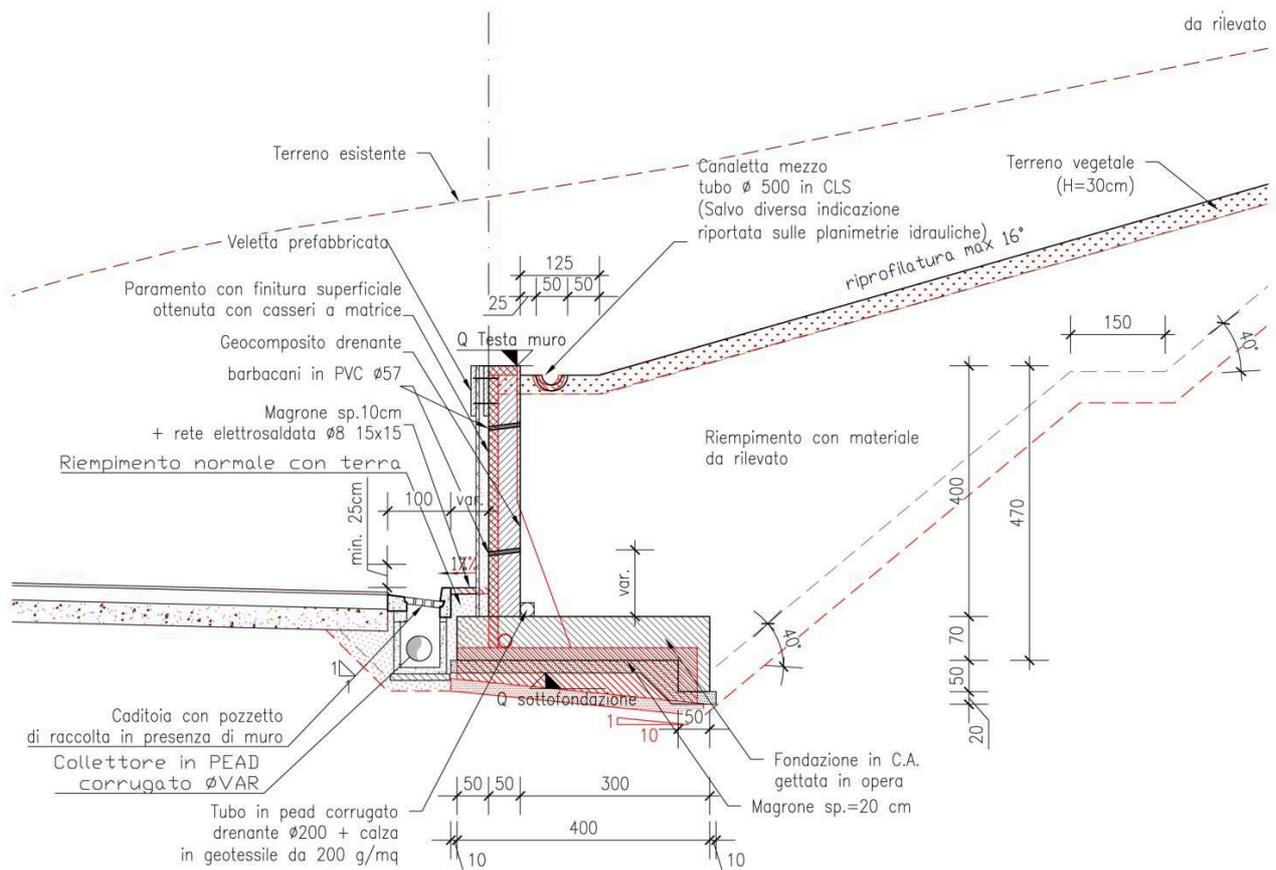


Figura 7 – Confronto sezione tipo manufatto configurazione PEA/ PED

Per quanto attiene la geometria complessiva dello scavo provvisorio per la realizzazione del muro, nonché le modalità di riempimento e la configurazione finale della scarpata a monte dello stesso dopo la sua realizzazione, non sono previste modifiche significative alla geometria ed ipotesi di PEA.

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

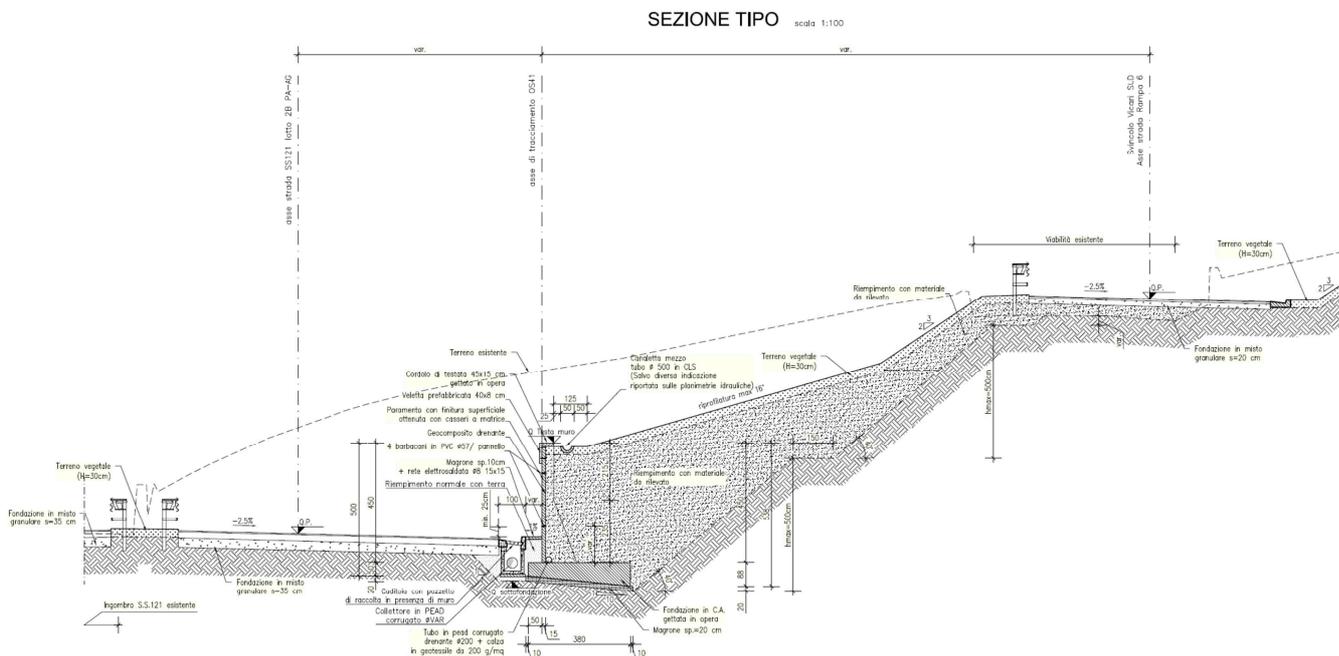


Figura 8 - Sezione tipo scavi provvisori e configurazione finale scarpata a monte (PEA)

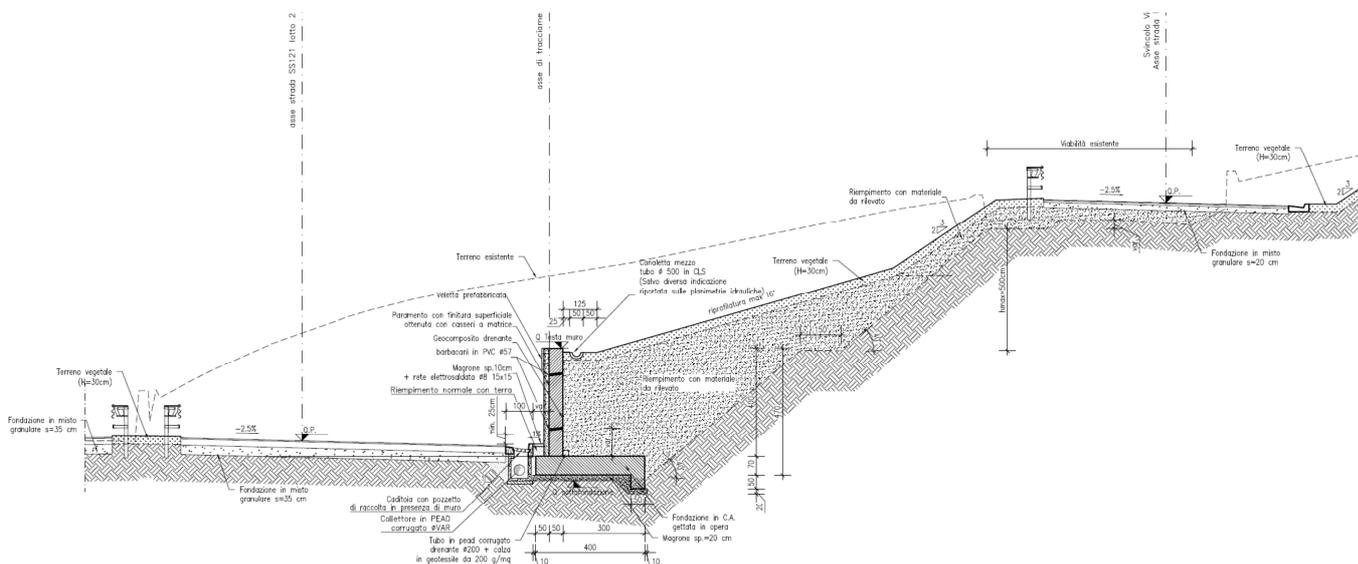


Figura 9 - Sezione tipo scavi provvisori e configurazione finale scarpata a monte (PED)

Nei paragrafi successivi si riportano tutte le verifiche strutturali e geotecniche previste da normativa per il muro in esame, aggiornate sulla base delle lievi modifiche apportate alla geometria del muro in fase di PED ed eseguite secondo gli stessi dati di base ed i medesimi criteri di calcolo assunti alla base della progettazione esecutiva approvata PEA.

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

Si riporta a seguire l'ultima versione emessa in fase di PED degli elaborati relativi all'opera in esame:

Relazione di calcolo	varie		PEOS41RC01	_	42	_	4137
Planimetria, sviluppata e sezioni tipo	varie		PEOS41N001	_	40	_	4137
Pianta fondazioni, pianta scavi	varie		PEOS41N002	_	40	_	4137
Sezioni trasversali	varie		PE OS41N003	_	40	_	4137
Carpenteria e armature	varie		PE OS41N004	_	40	_	4137

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normative, raccomandazioni, linee guida

- [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.

### 2.2 Bibliografia

- [5] LANCELLOTTA R. (1991): “Geotecnica” – Edizioni Zanichelli;
- [6] BOWLES J.E. (1991): “Fondazioni – Progetto e analisi” – McGraw & Hill.

### 3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO (PEA)

[7]	Relazione geologica geomorfologica idrogeologica	PE_GE_RT01
[8]	Relazione geotecnica	PE_GT_RT01
[9]	Relazione sismica	PE_SI_RT01
[10]	Relazione geotecnica corpo stradale	PE_GT_RT02
[11]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 1	PE_GT_L001
[12]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 2	PE_GT_L002
[13]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 3	PE_GT_L003
[14]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 4	PE_GT_L004
[15]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 5	PE_GT_L005
[16]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 6	PE_GT_L006
[17]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 7	PE_GT_L007
[18]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 8	PE_GT_L008
[19]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 9	PE_GT_L009
[20]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 10	PE_GT_L010
[21]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 11	PE_GT_L011
[22]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 12	PE_GT_L012
[23]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 13	PE_GT_L013
[24]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 14	PE_GT_L014
[25]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 15	PE_GT_L015
[26]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 16	PE_GT_L016
[27]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 17	PE_GT_L017
[28]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 18	PE_GT_L018
[29]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 19	PE_GT_L019
[30]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 20	PE_GT_L020
[31]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 21	PE_GT_L021
[32]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 22	PE_GT_L022
[33]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 23	PE_GT_L023
[34]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 24	PE_GT_L024
[35]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 25	PE_GT_L025
[36]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 26	PE_GT_L026
[37]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 27	PE_GT_L027

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

[38]	Profilo geotecnico "Lotto 2a" – Tav. 28	PE_GT_L028
[39]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 29	PE_GT_L029
[40]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 30	PE_GT_L030
[41]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 31	PE_GT_L031
[42]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 32	PE_GT_L032
[43]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 33	PE_GT_L033
[44]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 34	PE_GT_L034
[45]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 35	PE_GT_L035
[46]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 36	PE_GT_L036
[47]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 37	PE_GT_L037
[48]	Profilo geotecnico "Lotto 2b" - asse DX dir.Agrigento Tav. 38	PE_GT_L038

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il progetto strutturale, svolto secondo il metodo degli stati limite, prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

### 4.1 Acciaio

#### 4.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.

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

modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo acciaio	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
con	$\gamma_s = 1.15 \text{ per SLU}$
	$\gamma_s = 1.00 \text{ per SLE}$
resistenza caratteristica di calcolo SLU	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica di calcolo SLE	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450.0 \text{ MPa}$
con	
limite di trazione (combinazione rara)	$\sigma_s \leq 0.80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

### 4.2 Calcestruzzo

#### 4.2.1 Calcestruzzo per fondazioni e paramento verticale

Classe di resistenza	C30/37
dimensione massima dell'inerte	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
classe di esposizione	XA1
contenuto minimo di cemento	$300 \text{ kg/m}^3$
rapporto acqua/cemento	$a/c \leq 0.50$
classe di consistenza	S4

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

copriferro minimo	$c_{f,min} \geq 40 (-0 +5) \text{ mm}$
modulo elastico C30/37	$E_c = 32836.6 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} = 37 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
resistenza di calcolo calcestruzzo	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$
con	$\gamma_c = 1.50 \text{ per SLU}$
	$\gamma_c = 1.00 \text{ per SLE}$
resistenza caratteristica di calcolo SLU	$f_{cd} = f_{ck} \times 0.85 / \gamma_c = 17.0 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica di calcolo SLE	$f_{cd} = f_{ck} \times 0.85 / \gamma_c = 25.5 \text{ MPa}$
con	
limite di compressione (combinazione rara)	$\sigma_c \leq 0.60 \times f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$
limite di compressione (combinazione quasi permanente)	$\sigma_c \leq 0.45 \times f_{ck} = 13.5 \text{ MPa}$
limite di apertura delle fessure agli SLE	$w_{lim} = 0.20 \text{ mm}$

## 5 STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI RIFERIMENTO (PEA)

### 5.1 Inquadramento geologico

L'analisi fotogeologica, insieme allo studio dei dati stratigrafici e analitici derivati dalle campagne geognostiche condotte ed all'incrocio con le informazioni cartografiche e descrittive disponibili ha consentito di delineare con sufficiente approssimazione il quadro geologico-stratigrafico nella fascia di territorio in cui ricade il tracciato stradale. Nell'area in esame sono presenti formazioni geologiche di età compresa tra il Trias e l'attuale, rappresentate dalle seguenti unità:

- **Depositi continentali quaternari**

- Depositi di versante
- Accumuli di frana
- Deposito alluvionale di alveo
- Deposito alluvionale terrazzato
- Prodotti eluviali e depositi colluviali

- **Depositi sinorogenici**

- Formazione Terravecchia (Tortoniano (parte alta) – Messiniano inferiore)
- Formazione di Castellana Sicula (Serravalliano (parte alta) – Tortoniano (parte bassa))

- **Unità derivanti dalla deformazione del Dominio Sicilide**

- Formazione Polizzi (*Oligocene - Eocene superiore*)

- **Unità derivanti dalla deformazione del Bacino Numidico (s.l.)**

- Formazione Tavernola (Burdigaliano superiore - Langhiano)
- Formazione Portella Colla (Oligocene superiore – Miocene inferiore (Aquitano))

- **Unità derivanti dalla deformazione del Dominio Imerese**

- Formazione Mufara (Carnico medio - superiore)

- **Unità derivanti dalla deformazione del Dominio Sicano**

- Complesso di Lercara (Permiano inferiore – Trias medio (Ladinico))

- **Unità derivanti dalla deformazione della piattaforma carbonatica e carbonatica pelagica Trapanese**

- Formazione Buccheri p.p. (Toarciano – Tortonico inferiore)

Si rimanda al documento di riferimento [8], per l'analisi approfondita delle singole formazioni geologiche.

## **5.2 Inquadramento idrogeologico**

Complessivamente, i terreni presenti nella zona di studio, attribuibili alle unità derivanti dalla deformazione del Dominio Sicilide, del Bacino Numidico e alla facies arenacea-sabbiosa dei depositi terrigeni sinorogenici, svolgono la funzione di impermeabile relativo rispetto tutti gli altri complessi idrogeologici. Infatti il ruolo idrogeologico di questi termini è da ritenere inesistente non essendoci nelle aree del loro affioramento delle vere falde idriche a cui essi potrebbero fare da limite di permeabilità definito o da strato confinante.

In particolare le unità derivanti dalla deformazione del Bacino Numidico (Formazione di Tavernola e Formazione Portella Colla) per la facies pelitica e i livelli arenacei inglobati nelle peliti e talora intensamente tettonizzati, presentano caratteristiche di permeabilità relativa molto variabili da livello a livello e da zona a zona che può variare da bassa a bassissima. Modeste falde idriche sono localizzate nelle ridotte coltri d'alterazione di tali successioni terrigene a profondità generalmente comprese tra 3 e 6 m dal p.c..

In tale contesto idrogeologico si evidenzia che gli acquiferi più importanti sono presenti in corrispondenza del complesso alluvionale e sono caratterizzati dalla giustapposizione disordinata di termini litologici di varia granulometria. La circolazione idrica avviene pertanto per falde sovrapposte con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa. Il regime torrentizio dei corsi d'acqua fa supporre che vi sia una notevole escursione stagionale del livello della falda nelle pianure alluvionali, alimentata dalle acque di corrivazione provenienti dai versanti e legata alle portate dei corsi d'acqua stessi.

Falde di modeste dimensioni ed a carattere stagionale si impostano nelle coltri superficiali di alterazione del substrato, nelle coperture detritiche e negli accumuli di frana.

## **5.3 Livello della falda**

Dai nuovi sondaggi effettuati nella presente fase di cantiere non si è avuto riscontro sulla presenza di falda, tuttavia cautelativamente nelle verifiche della presente fase di PED si è mantenuta inalterato il livello di falda ipotizzato in PEA, pari a -2.90 m dal piano stradale finito, per le verifiche strutturali e geotecniche in condizioni statiche che per quelle sismiche.

#### 5.4 Profilo stratigrafico e caratteristiche geotecniche del terreno

Dalle indagini integrative effettuate emerge che il materiale che sarà interessato dallo scavo per la realizzazione del muro è costituito in parte del paramento dai Limi sabbiosi argillosi [Unità LSA] ed in parte dalle Argille limose grigie appartenenti all'Unità AG.

Dovendo realizzare lo scavo di sbancamento a tergo del muro stesso e successivamente procedere al suo tombamento per riprofilare la scarpata di monte e realizzare la strada secondaria a monte, si prevede di utilizzare per il riempimento materiale da rilevato opportunamente costipato.

Il terreno sul quale verrà fondato il muro di sostegno è costituito dalle Argille limose grigie appartenenti all'Unità AG fino alle massime profondità di interesse, cautelativamente e a vantaggio di sicurezza, si considera come previsto in PEA, che il terreno sul quale si atterrerà la fondazione dell'opera in esame sia costituito dai Limi sabbiosi argillosi [Unità LSA].

Ai fini delle verifiche strutturali e geotecniche si considera la seguente sezione stratigrafica .

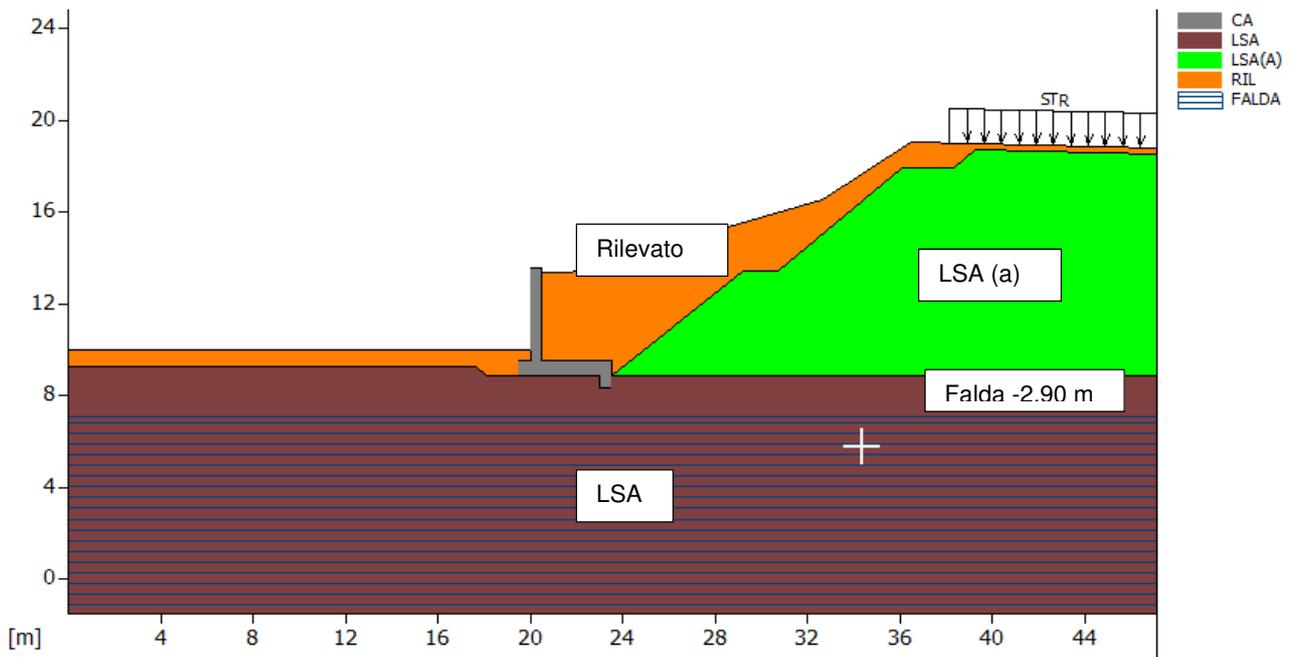


Figura 10 - Sezione stratigrafica di riferimento adotta nei calcoli

Pertanto ai fini delle verifiche geotecniche e strutturali del muro di sostegno OS41 si considereranno i seguenti terreni, distinguendo il terreno di spinta a tergo del muro da quello presente in fondazione:

Terreno di riempimento dello scavo a tergo del muro: Materiale da rilevato (RIL )

Terreno spingente a tergo del muro: Unità LSA(a).

Terreno in fondazione: Unità LSA.

Secondo quanto indicato nella Relazione geotecnica di PEA [9] si farà riferimento ai seguenti parametri geotecnici "caratteristici" per le suddette formazioni

Unità LSA (a) – Limi sabbiosi argillosi alterati:

$\gamma$	= peso di volume totale	20 kN/m <sup>3</sup>
$\phi'$	= angolo di resistenza al taglio	26°
$c'$	= coesione in termini di sforzi efficaci	5 kPa
$E'$	= modulo elastico drenato	15÷25 MPa
$E_u$	= modulo elastico non drenato	37.5÷62.5 MPa

Unità LSA – Limi sabbiosi argillosi:

$\gamma$	= peso di volume totale	20 kN/m <sup>3</sup>
$\phi'$	= angolo di resistenza al taglio	26°
$c'$	= coesione in termini di sforzi efficaci	10 kPa
$c_u$	= resistenza al taglio in condizioni non drenate	90 kPa
$E'$	= modulo elastico drenato	30÷50 MPa
$E_u$	= modulo elastico non drenato	75÷125 MPa

Per l'analisi dello scavo provvisorio del muro di sostegno, trattandosi di un'opera provvisoria, il calcolo è stato condotto a favore di sicurezza in tensioni efficaci, utilizzando per l'unità LSA (a) e LSA una coesione efficace di  $c'=15$  kPa, in linea con le ipotesi di PEA.

Materiale da rilevato stradale:

$\gamma$	= peso di volume totale	20 kN/m <sup>3</sup>
$\phi'$	= angolo di resistenza al taglio	38°
$c'$	= coesione in termini di sforzi efficaci	0 kPa

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 DETTAGLIO

---

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

## **5.5 Categoria di sottosuolo ai fini della caratterizzazione sismica**

Sulla base di quanto evidenziato dalle prove sismiche effettuate nel tratto di interesse, il terreno di fondazione può essere classificato nella seguente categoria di sottosuolo:

- Categoria B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{v,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)" **dalla progressiva km 15+300.00 alla progressiva km 35+000.00.**

Si rimanda al Profilo geotecnico (documenti di riferimento da [12] a [49]) per l'ubicazione delle prove sismiche effettuate e per i relativi valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio misurati.

## 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.

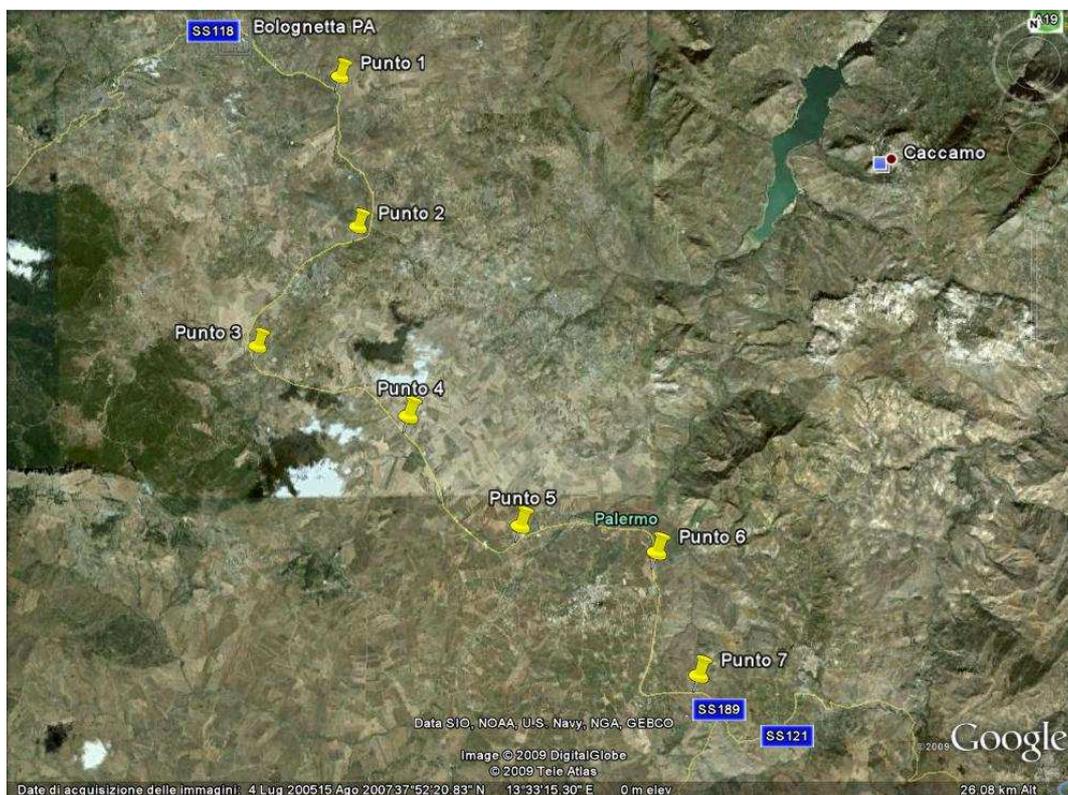


Figura 11 Localizzazione tracciato

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 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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E 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 25+000 e km 30+000

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate      LONGITUDINE:       LATITUDINE:

Ricerca per comune      REGIONE:       PROVINCIA:       COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$         info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$         info

**Valori di progetto**

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$         info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$     info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="60"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="101"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="949"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1950"/>

**Elaborazioni**

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

**LEGENDA GRAFICO**

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

**Strategia di progettazione**

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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.

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

<b>Progressiva</b>	<b><math>a_g</math> [g]</b>	<b><math>F_0</math> [-]</b>	<b><math>T_{c^*}</math> [s]</b>
25+000 - 30+000	0.138	2.585	0.339

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

<b>Progressiva</b>	<b>Categoria</b>
15+300 – 35+000	B

## **7 DESCRIZIONE DELLE OPERE**

Nel tratto di viabilità principale compreso fra le progressive km 29+410.09 e km 29+521.98, è previsto un muro di sostegno di controripa che si affaccia sulla viabilità principale asse PA-AG.

Si procede preliminarmente alla realizzazione dello scavo di sbancamento, necessario al raggiungimento del piano d'imposta dell'opera di sostegno, sagomando il fronte dello scavo stesso secondo scavi inclinati a 40° e di altezza massima di 5.00 m interponendo una berma larga 1.50 m. Lo scavo è provvisorio, e in ottemperanza alle ipotesi di PEA dovrà essere eseguito per singoli conci di scavo da 15-20 m di lunghezza e dovrà essere protetto con teli impermeabili in PVC.

La costruzione della nuova tipologia d'opera di sostegno, prevede il getto in opera della fondazione in c.a. di tipo diretto e successivamente il getto del paramento verticale sempre in cemento armato.

Il terreno di ritombamento a tergo dell'opera verrà adeguatamente costipato per singoli strati di spessore massimo di 0.60 m e riprofilato secondo un'inclinazione massima di 16°.

L'opera presenta un'altezza massima di circa 4.70 m rispetto al piano di imposta della fondazione, oltre 0.50 m di altezza del taglione.

## 8 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguito si riassumono le condizioni di carico considerate nell'analisi di verifica delle strutture.

### 8.1 Azioni permanenti

#### 8.1.1 Peso proprio

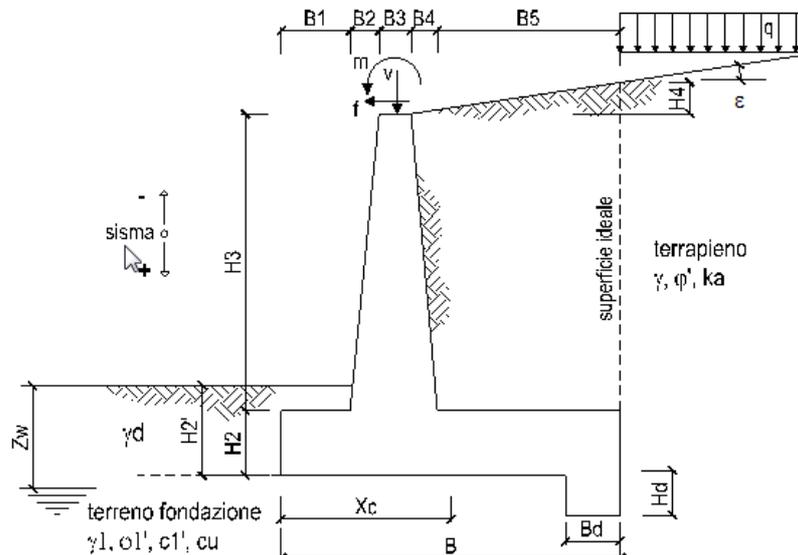
Per il calcolo del peso proprio delle strutture si assumono i pesi unitari di seguito indicati:

Struttura in c.a.  $\gamma_1 = 25.0 \text{ kN/m}^3$ ;

Terreno di ritombamento:  $\gamma_2 = 20.0 \text{ kN/m}^3$ .

#### 8.1.2 Spinta delle terre statica

La valutazione delle spinte delle terre viene effettuata considerando quale paramento ideale del muro il piano verticale passante dal filo interno della platea di fondazione, come riportato nella figura seguente.



L'angolo di attrito tra paramento verticale e terreno viene considerato, in condizioni statiche, pari  $\delta = 2/3 \cdot \phi'$ , con  $\phi'$  angolo di resistenza al taglio di progetto.

Nelle verifiche la pressione del terreno viene determinata con la seguente espressione:

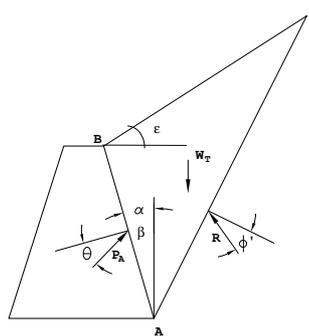
$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_a - 2c' \sqrt{K_a}$$

$\sigma'_v(z)$  = tensione verticale efficace alla generica quota z;

$K_a$  = coefficiente di spinta attiva statica;

$q$  = eventuale sovraccarico uniformemente distribuito.

Per il calcolo di  $K_a$  in condizioni statiche è basato sulla teoria di Coulomb, nell'ipotesi di fondazione rigida e superficie di rottura piana, secondo lo schema di seguito riportato.



dove  $K_a$

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \cdot \left( 1 + \left( \frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \epsilon)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \epsilon)} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^2}$$

avendo indicato con:

$\alpha$  =angolo che il paramento interno forma con la verticale;

$\phi$  =angolo di attrito interno del terreno;

$\delta$  =angolo di attrito terra-muro;

$\epsilon$  = inclinazione del terreno a tergo del muro.

Da cui la spinta dovuta al terrapieno è determinabile come:

$$S_{st} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_a$$

$\gamma_t$  = peso specifico del terreno;

H = altezza del muro dalla base della fondazione;

$K_a$  = coefficiente di spinta attiva valutato tramite la seguente espressione

Tale spinta è applicata ad una distanza a partire dalla base della fondazione pari a  $1/3 \cdot H$ .

Il contributo dovuto al sovraccarico  $Q = q_{perm} + q_{acc}$  vale:

$$S_q = Q \cdot H \cdot K_a$$

tale spinta è applicata ad  $1/2 \cdot H$ .

La spinta attiva risultante  $S_{st} + S_q$  in condizioni statiche, risulta inclinata dell'angolo  $\delta$  sull'orizzontale. Pertanto il valore della spinta orizzontale  $P_{AH}$  è pari a:

$$P_{AH} = (S_{st} + S_q) \cdot \cos \delta$$

mentre la componente verticale  $P_{AV}$  risulta:

$$P_{AV} = (S_{st} + S_q) \cdot \sin \delta$$

Le componenti della spinta sono costituite in generale da due aliquote, l'una dovuta al peso proprio del terreno l'altra dovuta al sovraccarico, che avranno distribuzione diversa lungo l'altezza dell'opera: la prima di tipo triangolare l'altra di tipo rettangolare, se carico distribuito uniforme (permanente o accidentale che sia), o differente per aree di carico diverso (nastriforme, ...).

Le diverse aliquote saranno considerate distintamente in fase di combinazione dei carichi a seconda che si tratti di azioni permanenti, strutturali o non strutturali, o variabili.

## **8.2 Azioni variabili**

### **8.2.1 Sovraccarichi**

Dato che a tergo del muro vi è la riprofilatura del versante non si hanno sovraccarichi accidentali nel calcolo strutturale e geotecnico del muro oggetto della presente relazione.

Per le verifiche di stabilità globale si è invece tenuto conto del sovraccarico accidentale dovuto alla viabilità Rampa 6 svincolo Vicari sud, al pari di quanto fatto in fase di PEA.

### 8.2.2 Azioni climatiche

Nel caso specifico non si hanno azioni climatiche.

### 8.3 **Azione sismica**

Nelle verifiche sismiche le azioni generate dal sisma ed agenti sulla struttura sono considerate come segue:

1. spinta dovuta al terreno a tergo del muro
2. forze d'inerzia orizzontali  $F_i$  del muro e del terreno.

#### 8.3.1 Spinta a tergo del muro

Per muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto ove agisce la spinta in condizioni statiche. Essendo questa circostanza applicabile al muro qui esaminato, la pressione a tergo del muro in condizioni sismiche è stata valutata semplicemente sostituendo al coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche  $K_a$  il coefficiente  $K_{as}$  (coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche):

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_{as} - 2c' \sqrt{K_{as}}$$

In condizioni sismiche invece di adotta la formulazione di Mononobe ed Okabe riportata di seguito:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi' - \psi - \beta)}{\cos\psi \cdot \cos^2\beta \cdot \cos(\delta + \beta + \psi) \left[ 1 + \left( \frac{\sin(\phi' + \delta) \cdot \sin(\phi' - \psi - i)}{\cos(\delta + \beta + \psi) \cdot \cos(i - \beta)} \right)^{0.5} \right]^2}$$

$$\psi = \tan^{-1} \frac{N_h}{1 - N_v}$$

in cui:

$\phi$  = angolo di resistenza al taglio del terreno

$\beta$  = inclinazione del terreno a monte del muro rispetto all'orizzontale (positivo per terreno che sale allontanandosi dal muro)

$\psi$  = inclinazione del muro rispetto all'orizzontale

$\delta$  = angolo di attrito muro-terreno

$\theta$  = angolo dipendente dalla accelerazione sismica e definito dalle seguenti espressioni:

$$\theta = \text{tg}^{-1} (k_h / (1 \pm k_v))$$

essendo  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale

L'angolo di attrito tra paramento verticale e terreno viene considerato, in condizioni sismiche, pari a  $\delta = 0$ . Pertanto la risultante delle spinte totali è coincidente con la componente delle spinte orizzontali.

Come precedentemente indicato, l'incremento di spinta dovuto al sisma (inteso come differenza fra la spinta totale in condizioni sismiche e la spinta pre-agente in condizioni statiche) viene applicato nello stesso punto ove agisce la spinta statica.

I coefficienti di accelerazione sismica  $k_h$  e  $k_v$  valgono rispettivamente:

$$k_h = \beta_m a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

$a_{max}$  = accelerazione massima attesa al sito in considerazione

$g$  = accelerazione di gravità

$\beta_m$  = coefficiente riduttivo che tiene conto dei possibili spostamenti dell'opera

L'accelerazione massima è stata valutata come:

$$a_{max} = a_g S_S S_T$$

in cui:

$a_g$  = accelerazione massima attesa al sito di riferimento sul substrato rigido

$S_S$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente riduttivo  $\beta_m$  viene desunto dalla tabella 7.11.11 della normativa vigente qui di seguito riprodotta:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0.2 < a_g \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g \leq 0.1$	0.20	0.18

N.B.: per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente  $\beta_m$  viene assunto pari ad 1.0.

### 8.3.2 Forze di inerzia

Le forze di inerzia del muro, del terreno direttamente poggiante su di esso e delle eventuali strutture collegate, sono state valutate come:

$$F_p = k_h W_i$$

$$F_v = \pm k_v W_i$$

in cui  $k_h$  e  $k_v$  sono, rispettivamente, il coefficiente di accelerazione sismica orizzontale ed il coefficiente di accelerazione sismica verticale di cui al paragrafo precedente e  $W_i$  è il peso della struttura considerata. Tali azioni sono applicate nel baricentro della struttura.

## 9 CRITERI DI VERIFICA E COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica della struttura in questione è stata eseguita mediante il metodo degli "Stati Limite", verificando:

1. SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):
  - scorrimento sul piano di posa
  - verifica al ribaltamento
  - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
  - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno
2. SLU di tipo strutturale (STR):
  - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali
3. SLE di tipo strutturale (STR):
  - raggiungimento dello stato limite nei confronti della corrosione e/o dell'eccessivo degrado.
4. SLE di tipo geotecnico (GEO):
  - per la valutazione dei cedimenti, degli spostamenti e delle rotazioni dell'opera si rimanda alla relazione di calcolo di PEA, non essendo di fatto variata la geometria dell'opera in esame ai fini delle suddette verifiche.

Le verifiche sono state effettuate con riferimento all'Approccio 1, Combinazioni 1 (A1+M1+R1) e 2 (A2+M2+R2) rispettivamente per le verifiche strutturali (STR) e geotecniche (GEO). Fa eccezione la verifica al ribaltamento del muro per cui, in accordo alla normativa vigente, la verifica è stata condotta utilizzando i coefficienti parziali delle azioni della tabella 2.6.I (colonna EQU) della normativa ed i coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

Nelle verifiche allo scorrimento è stata trascurata la presenza di reazione passiva da parte del terreno a valle dell'opera, fatta eccezione per la sola spinta passiva determinata dal dente di taglio, appositamente previsto nella presente fase di PED

Ai fini delle verifiche allo scorrimento ed al ribaltamento si considera la spinta del terreno agente sul piano verticale passante per l'estremo di monte della platea di fondazione mentre l'elemento resistente risulta costituito dall'insieme dell'opera in c.a. e del terreno di ricoprimento, lato monte, della platea di fondazione.

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei criteri di verifica sia con riferimento alle condizioni statiche che sismiche.

## 9.1 Verifiche geotecniche (SLU-GEO e SLU-EQU)

### 9.1.1 Verifica allo scorrimento sul piano di posa

La verifica a scorrimento in condizioni statiche è stata condotta in condizioni drenate.

La verifica a scorrimento in condizioni sismiche è stata condotta sia in condizioni drenate che non drenate.

La risultante delle azioni orizzontali agenti sul muro deve risultare non superiore alla forza resistente costituita dall'attrito sul piano di imposta. In condizioni drenate è valutata come prodotto della risultante delle azioni verticali (ortogonali al piano di imposta) per il coefficiente di attrito in fondazione  $\mu = \tan(\phi')$ , come riportato nella seguente espressione:

$$FS = \frac{(F_v + S_y) \cdot \tan \phi}{F_h}$$

in cui:

$F_v$  = pesi propri e forze verticali applicate;

$F_h$  = forze d'inerzia, forze orizzontali applicate e componenti orizzontali delle spinte;

$S_y$  = componenti verticali delle spinte;

$\tan \phi$  = coefficiente di attrito terreno ÷ fondazione.

In condizioni non drenate invece si considera l'adesione tra terreno e fondazione generata dalla coesione del terreno per la larghezza della fondazione. Per cui l'espressione diviene:

$$FS = \frac{C_u \cdot B}{F_h}$$

in cui:

$C_u$  = coesione non drenata

$B$  = larghezza fondazione

$F_h$  = forze d'inerzia, forze orizzontali applicate e componenti orizzontali delle spinte.

In condizioni sismiche si è tenuto conto, oltre che dell'incremento di spinta del terreno, anche delle forze di inerzia delle masse del muro e/o ad esso collegate.

### 9.1.2 Verifica al ribaltamento

La somma dei momenti, valutati rispetto allo spigolo di valle della platea di fondazione, dovuti alle azioni agenti sul muro deve risultare non superiore al momento dovuto al peso proprio della struttura e delle masse ad esso collegate (terreno di ricoprimento, eventuale barriera acustica, ...).

In condizioni sismiche si è tenuto conto, oltre che dell'incremento di spinta del terreno, anche delle forze di inerzia delle masse del muro e/o ad esso collegate.

Ai fini pratici le verifiche sono state condotte utilizzando le medesime azioni e forze resistenti valutate con riferimento alla verifica allo scorrimento (condizione A2+M2+R2) moltiplicando i valori delle diverse azioni/reazioni secondo i coefficienti 0.9 ed 1.1 come indicato nella tabella sottostante:

	favorevole	sfavorevole
Peso del muro e del riporto	0.9	
Eventuali masse aggiuntive collegate al muro	0.9	
Azione di eventuali tiranti	0.9	
Spinta del terreno		1.1
Forze di inerzia muro, terreno ed eventuali masse aggiuntive collegate		1.1
Spinta dell'acqua e sottospinta idraulica		1.1

$$\mu_r = \frac{\sum F_v \cdot b}{\sum F_h \cdot h - \sum S_y \cdot d}$$

in cui:

$F_v$  = pesi propri e forze verticali applicate;

$F_h$  = forze d'inerzia, forze orizzontali applicate e componenti orizzontali delle spinte;

$S_y$  = componenti verticali delle spinte;

b,h,d= bracci delle  $F_v$ ,  $F_h$ ,  $S_y$ .

### 9.1.3 Verifica di capacità portante

La capacità portante limite viene valutata, secondo il criterio di Brich Hansen (1970), con riferimento alla fondazione equivalente, definita come la parte della fondazione reale rispetto alla quale la risultante dei carichi è baricentrica.

Per fondazioni rettangolari di dimensioni in pianta B ed L, indicate rispettivamente con  $e_B$  ed  $e_L$  le due componenti in direzione di B e di L della eccentricità del carico, le dimensioni efficaci  $B_e$  ed  $L_e$  sono espresse da:

$$B_e = B - 2 e_B \qquad L_e = L - 2 e_L$$

In condizioni statiche, l'analisi viene condotta in condizioni drenate in termini di sforzi efficaci, facendo riferimento alla espressione nella forma più generale di seguito riportata:

$$q_{LIM} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + \sigma'_{vo} N_q s_q d_q i_q b_q g_q + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c$$

in cui:

B = dimensione efficace minore della fondazione;

$N_{\gamma}$ ,  $N_q$ ,  $N_c$  = fattori di capacità portante, funzioni dell'angolo di attrito  $\varphi'$ ;

$s_{\gamma}$ ,  $s_q$ ,  $s_c$ , = fattori correttivi che tengono conto della forma della fondazione;

$d_{\gamma}$ ,  $d_q$ ,  $i_c$ , = fattori correttivi che tengono conto della profondità del piano di imposta;

$i_{\gamma}$ ,  $i_q$ ,  $i_c$ , = fattori correttivi che tengono conto della inclinazione del carico;

$b_{\gamma}$ ,  $b_q$ ,  $b_c$ , = fattori correttivi che tengono conto della inclinazione della base della fondazione;

$g_{\gamma}$ ,  $g_q$ ,  $g_c$ , = fattori correttivi che tengono conto della inclinazione del piano campagna circostante la fondazione;

$\sigma'_{vo}$  = pressione verticale efficace agente nelle adiacenze della fondazione alla quota del piano di imposta;

I coefficienti di capacità portante  $N_{\gamma}$ ,  $N_q$  ed  $N_c$  sono ricavati dalle seguenti espressioni (Vesic 1973):

$$N_q = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} e^{\pi \tan \varphi}$$

$$N_{\gamma} = 2 \times (N_q + 1) \times \tan(\varphi)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan(\varphi)$$

I coefficienti correttivi possono essere valutati mediante le espressioni:

$$s_{\gamma} = s_q = 1 + 0.1 (B/L) (1 + \sin \varphi) / (1 - \sin \varphi)$$

$$s_c = 1 + 0.2 (B/L) (1 + \sin \varphi) / (1 - \sin \varphi)$$

$$i_{\gamma} = (1 - H / (N + B L c' / \tan \varphi))^{(m+1)}$$

$$i_q = (1 - H / (N + B L c' / \tan \varphi))^m$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \tan \varphi)$$

$$m = (2 + B/L) / (1 + B/L)$$

$$d_{\gamma} = 1$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 \arctan (z_f / B)$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_{\gamma} = b_q$$

$$b_q = (1 - \alpha \tan \varphi')^2$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_{\gamma} = g_q$$

$$g_q = (1 - \tan \omega)^2$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

I simboli utilizzati nelle espressioni precedenti rappresentano:

$z_f$  = profondità del piano di imposta misurata dal tetto dello strato portante ;

$N$  = componente della risultante dei carichi perpendicolare al piano di imposta (risultante dei carichi verticali nel caso più comune di piano di imposta orizzontale);

$\alpha$  = inclinazione, in radianti, del piano di imposta, positiva per piano di imposta pendente verso "monte", cioè in direzione opposta a quella verso cui si presume si sviluppi la rottura;

$\omega$  = inclinazione, in radianti, del piano campagna, positiva per piano campagna pendente verso "valle", cioè nella direzione verso cui si presume si sviluppi la rottura.

In condizioni sismiche, trattandosi di azione sismica su terreni di fondazione di tipo coesivo, l'analisi viene sviluppata sia in condizioni drenate con le formulazioni suddette e sia in condizioni non drenate (in termini di sforzi totali) facendo riferimento alla espressione:

$$q_{LIM} = c_u \cdot N_c^o (1 + s_c^o + d_c^o - i_c^o - b_c^o - g_c^o) + q_o$$

dove:

- $q_{LIM}$  = capacità portante (pressione limite);  
 $c_u$  = coesione non drenata;  
 $q_o$  = pressione totale di sconfinamento.

altri simboli, impiegati nel seguito:

- $B$  = dimensione reale della fondazione;  
 $L$  = dimensione reale trasversale della fondazione rettangolare;  
 $B'$  = dimensione efficace della fondazione;  
 $L'$  = dimensione efficace trasversale della fondazione rettangolare;  
 $A_{ef}$  =  $B' \cdot L'$  = area efficace della fondazione  
 $D_F$  = profondità di posa della fondazione dal piano di campagna;  
 $c_a$  = coesione di adesione fondazione terreno  $\leq c_u$   
 $\alpha$  = inclinazione del piano di posa;  
 $\beta$  = inclinazione del piano di campagna;  
 $F_z$  = carico verticale (applicato al centro dell'impronta di fondazione);  
 $H$  = carico orizzontale (applicato alla quota di posa della fondazione)  
 $M$  = momento flettente (nel piano parallelo alla direzione di  $B$ );

Per i fattori di capacità portante si adottano le seguenti espressioni:

$$N_c^o = (2 + \pi)$$

$$s_c^o = 0.2 \cdot (B'/L') \quad \text{si assume: } B'/L' \leq 1.0$$

$$d_c^o = 0.4 \cdot k$$

$$k = (D_F / B) \quad \text{per } D_F \leq B$$

$$k = \tan^{-1} (D_F / B) \quad \text{per } D_F \geq B$$

$$i_c^o = 0.5 - 0.5 \cdot [1 - F / (A_{ef} \cdot c_a)]^{0.5}$$

$$b_c^o = \alpha / 147 \quad \alpha \text{ in gradi}$$

$$g_c^o = \beta / 147 \quad \beta \text{ in gradi.}$$

Cautelativamente si considera che l'espressione  $(1 + s_c^0 + d_c^0 - i_c^0 - b_c^0 - g_c^0) = 1$

#### 9.1.4 Verifica di stabilità globale

Si fa ricorso ad un modello semplificato basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci).

Come prescritto dalla normativa la verifica viene effettuata secondo la "Combinazione 2" (A2+M2+R2) sia in condizioni statiche che sismiche.

L'analisi delle condizioni di equilibrio viene svolta con ricorso al codice di calcolo Macstras 4.0 della Maccaferri. Le forze di inerzia, orizzontali e verticali, applicate alle masse in condizioni sismiche sono valutate mediante i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  di cui al paragrafo § 8.3.1. Il coefficiente  $\beta$ , in questo caso denominato  $\beta_s$ , assume i valori indicati nella tabella 7.11.I della normativa vigente e qui di seguito riprodotta.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g \leq 0.1$	0.20	0.20

#### 9.1.5 Coefficienti parziali per la resistenza

Per il caso in oggetto relativo al dimensionamento di un muro di sostegno, i coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche relativamente ad ogni singolo SLU precedentemente analizzato sono di seguito indicati:

Verifica	Coefficiente parziale (R2)
Scorrimento sul piano di posa	$\gamma_R=1.0$
Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno	$\gamma_R=1.0$
Ribaltamento	$\gamma_R=1.0$
Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno	$\gamma_R=1.1$

Per le condizioni sismiche valgono gli stessi coefficienti di sicurezza assunti in condizioni statiche e riportati nella precedente tabella.

## 9.2 Verifiche geotecniche (SLE-GEO)

### 9.2.1 Stima dei cedimenti dell'opera

Come noto, il problema dei cedimenti può essere diviso in cedimento immediato, cedimento di consolidazione primario e cedimento dovuto alla deformazione differita nel tempo dopo il termine del processo di consolidazione primario, detto anche cedimento secondario. La consolidazione primaria è associata ai processi di dissipazione delle sovrappressioni interstiziali e si esaurisce in tempi relativamente brevi, mentre la consolidazione secondaria, legata a fenomeni di origine viscosa, si sviluppa in tempi molto più lunghi.

È da tener conto che la costruzione di un muro comporta un incremento di tensione sul terreno che si trasferisce in profondità con un progressivo decremento fino ad annullarsi. Prima di procedere nella stima dei cedimenti è dunque necessario calcolare l'incremento di tensione a tali profondità indotto dai lavori.

La valutazione dell'incremento dello stato tensionale indotto nel terreno dai carichi applicati viene condotta con riferimento a soluzioni basate sulle seguenti ipotesi semplificative:

- il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, omogeneo ed isotropo (modello di Boussinesq).
- l'area di carico è posta sulla superficie del semispazio con rigidità nulla.

Per una generica condizione di carico viene eseguita una discretizzazione in un numero finito di superfici rettangolari sulle quali è applicata una pressione uniforme.

Per ogni direttrice di calcolo del cedimento vengono valutati gli incrementi di tensione indotti da ogni singola superficie di carico componendo poi gli effetti.

La soluzione base impiegata è quella di Florin (1959) che fornisce gli incrementi di tensione in corrispondenza di una verticale passante per lo spigolo di un'area di carico rettangolare.

Il cedimento ( $s$ ) viene valutato, dopo avere discretizzato l'altezza significativa di terreno ( $H_c$ ) in "n" strati, in base alla seguente relazione:

$$s = \sum_i [\delta\sigma_{z,i} - \nu (\delta\sigma_{x,i} + \delta\sigma_{y,i})] / E'_i$$

dove:

$E'_i$  = modulo di deformazione dello strato  $i$ -esimo;

$h_i$  = altezza dello strato  $i$ -esimo,

$\delta\sigma_z$  = incremento di tensione verticale,

$\delta\sigma_{x,y}$  = incrementi di tensioni orizzontali,

Il calcolo dei cedimenti è limitato agli strati di terreno che realisticamente risentono del carico applicato in superficie. Ciò è individuato entro la profondità  $H_c$  per cui:

$$\delta\sigma_z / \sigma'_{vo} > 0.10.$$

Essendo  $\sigma'_{vo}$  la tensione verticale efficace litostatica.

Il cedimento totale dato dagli strati coesivi (di bassa permeabilità) è generalmente dato dalla somma di tre contributi:

$$S_t = S_i + S_c + S_s$$

dove:

$s_t$  = cedimento totale;

$s_i$  = cedimento immediato; esso si sviluppa all'applicazione del carico, viene valutato con il modulo elastico  $E_u$  (in condizioni non drenate);

$s_c$  = cedimento per consolidazione, con sviluppo completo al tempo in cui sarà avvenuta la completa dissipazione delle sovrappressioni interstiziali indotte dai carichi;

$s_s$  = cedimento secondario, dovuto a deformazioni viscosi del terreno con carico costante e pressioni interstiziali stabilizzate.

Nel caso in oggetto, secondo le indicazioni riportate nella Relazione geotecnica [9], può essere trascurato il contributo del cedimento secondario.

Nel caso in esame, si valuterà, quindi:

$s_t$  con il modulo  $E'$  (in condizioni drenate);

$s_i$  con il modulo  $E_u$  (in condizioni non drenate);

$$s_c = S_t - S_i$$

### 9.2.2 Stima degli spostamenti orizzontali dell'opera

Gli spostamenti orizzontali  $\varepsilon_h$  indotti da una forza orizzontale  $T_H$  agente nella direzione del lato di dimensioni  $B$  di una fondazione quadrata o rettangolare poggiate su un semispazio elastico verranno valutati sulla base della seguente espressione:

$$\varepsilon_h = \frac{T_H \cdot (1 - \nu'^2)}{\beta_x \cdot \sqrt{B \cdot L} \cdot E'}$$

in cui:

- $\nu'$  = modulo di Poisson del 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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

- $E'$  = modulo elastico del terreno;
- $L$  = dimensione della fondazione ortogonale al lato  $B$  ( $L=1.0$  m per le fondazioni continue);
- $\beta_x$  = coefficiente di influenza per il calcolo di spostamenti (riportato nella tabella seguente).

$v'$	L/B						
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	10.0
	Coefficiente di influenza ( $\beta_x$ )						
0.1	1.040	1.000	1.010	1.020	1.050	1.150	1.25
0.2	0.990	0.938	0.942	0.945	0.975	1.050	1.160
0.3	0.926	0.868	0.864	0.870	0.906	0.950	1.040
0.4	0.844	0.792	0.770	0.784	0.806	0.850	0.940
0.5	0.770	0.704	0.692	0.686	0.700	0.732	0.840

Coefficiente di influenza  $\beta_x$  per il calcolo di spostamenti (Poulos & Davis, 1974)

Infine, oltre allo spostamento orizzontale  $\epsilon_h$  della fondazione, si calcola uno spostamento orizzontale in sommità dell'opera dovuto alla rotazione.

### 9.2.3 Stima delle rotazioni dell'opera

La rotazione  $\theta$  di una fondazione rettangolare soggetta ad un momento  $M$  verrà valutata sulla base della seguente equazione:

$$\tan \theta = \frac{M \cdot (1 - \nu'^2)}{B^2 \cdot L \cdot E'} \cdot I_\theta$$

dove:

- $\theta$  = angolo di rotazione rispetto al verticale;
- $E'$  = modulo elastico del terreno;
- $L$  = dimensione della fondazione ortogonale al lato  $B$  ( $L=1.0$  m per le fondazioni continue);
- $I_\theta$  = coefficiente di influenza per il calcolo delle rotazioni (riportato nella tabella seguente).

Coefficiente di influenza per le fondazioni rigide ( $I_\theta$ )											
L/B	0.10	0.20	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	5.00	10.00	100.00
$I_\theta$	1.59	2.42	3.54	3.94	4.17	4.44	4.59	4.74	4.87	4.98	5.06

Coefficiente di influenza  $I_\theta$  per il calcolo di rotazioni (Taylor, 1967)

Il valore ammissibile dello spostamento orizzontale (dato dalla somma dello spostamento orizzontale della fondazione e dallo spostamento orizzontale provocato dalla rotazione della fondazione) è pari a 0.005 volte l'altezza totale dell'opera stessa.

### **9.3 Verifiche strutturali (STR)**

Alle azioni ed ai parametri geotecnici del terreno si applicano i coefficienti parziali propri delle verifiche STR (A1+M1+R1) per le verifiche allo SLU, mentre si considerano coefficienti parziali unitari sulle azioni ed i parametri caratteristici del terreno per le verifiche allo SLE.

#### **9.3.1 Verifiche SLU**

E' stata condotta la verifica in assenza ed in presenza di sisma per le membrature maggiormente sollecitate, ed in particolare le seguenti:

Paramento: sezione spiccatto fondazione elevazione

Paramento: sezione elevazione ad H/3 da fondazione

Ciabatta in fondazione: mensola di monte sezione di incastro

Ciabatta in fondazione: mensola di valle sezione di incastro

#### **9.3.2 Verifiche SLE**

In corrispondenza delle medesime sezioni sono state effettuate le verifiche sulla massima ampiezza delle fessure (*verifica allo stato limite di fessurazione*) e sulle massime tensioni nel calcestruzzo e nelle armature (*verifica delle tensioni in esercizio*).

## 10 SEZIONI TIPO E RISULTATI DI CALCOLO

Le sezioni tipo sono state definite in base alle dimensioni della platea di fondazione in rapporto all'altezza massima del muro. Nel caso specifico si fa riferimento a n°1 sezione tipo di verifica riportata nella figura di seguito.

Si estendono quindi i risultati di questa sezione di calcolo a tutte le sezioni di muro.

La geometria del muro è costituita da un paramento di  $H = 4.0$  m e ciabatta spessore  $0.70$  m, per una altezza complessiva di  $4.70$  m. Il paramento in cemento armato presenta uno spessore di  $50$  cm. La fondazione ha una lunghezza di  $4.0$  m e nella parte terminale presenta un dente di larghezza e profondità  $50$  cm.

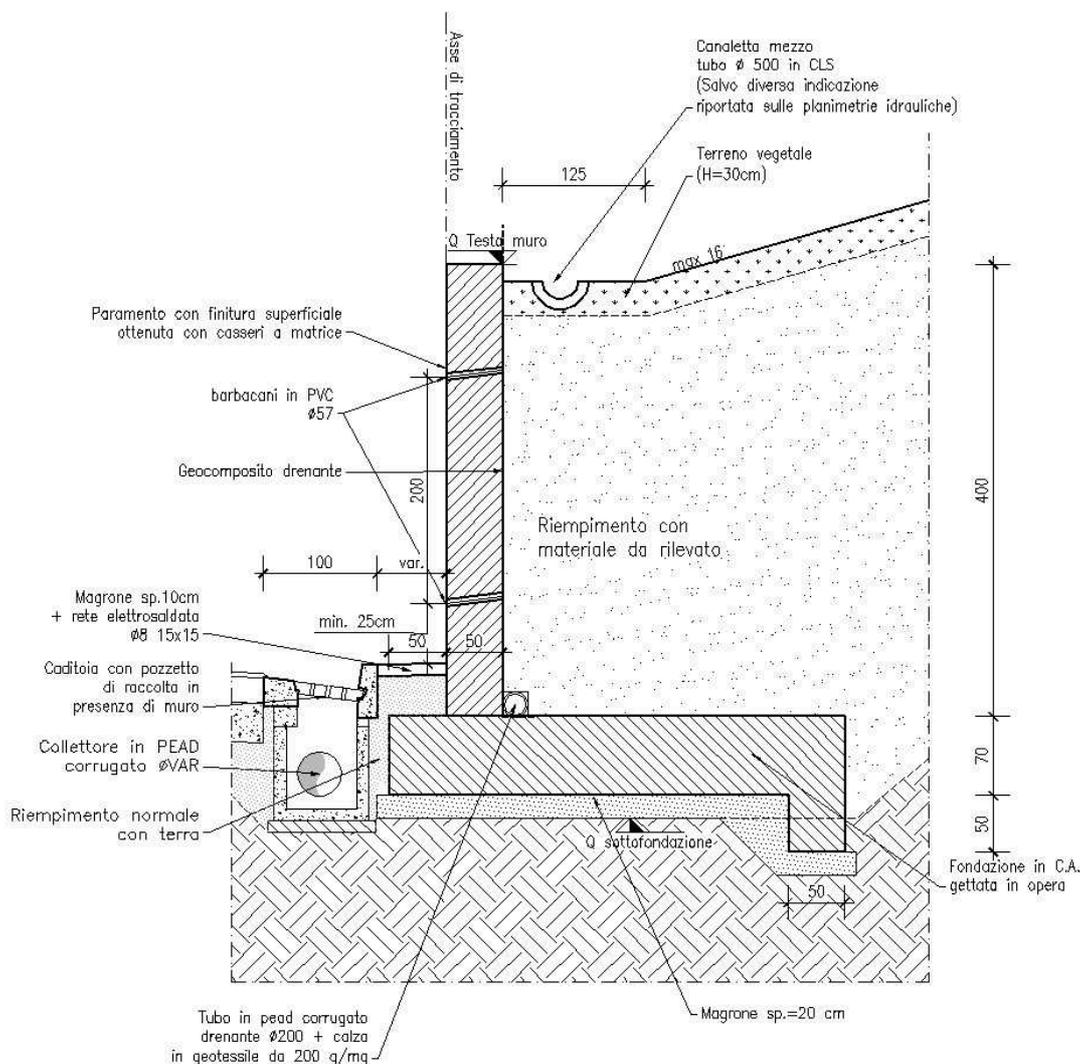


Figura 12 - Geometria manufatto configurazione PED

La geometria del muro e la schematizzazione del versante considerata nel calcolo è riportata nella seguente figura, mentre la sezione stratigrafica di riferimento è riportata al par. 5.4.

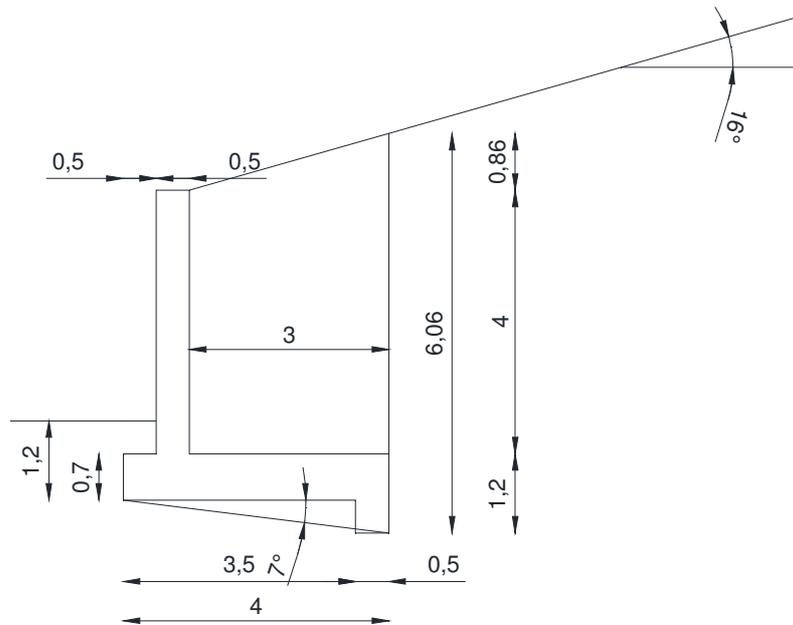


Figura 13 - Schematizzazione manufatto ai fini del calcolo

### 10.1 Caratteristiche geotecniche terreno spingente

	<b>Riempimento(RIL)</b>	<b>LSA</b>	
<b>Hs [m] =</b>	<b>5,6</b>	<b>0,5</b>	spessore dell'unità (Hs complessiva =6.06 m)
<b><math>\gamma_{t,k}</math> [kN/m<sup>3</sup>]</b>	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>	peso di volume del terreno caratteristico
<b><math>\gamma_{t,d}</math> [kN/m<sup>3</sup>]</b>	<b>26,0</b>	<b>26,0</b>	peso di volume del terreno di progetto
<b><math>\phi'_k</math> [gradi] =</b>	<b>38,0</b>	<b>26,0</b>	angolo di resistenza al taglio caratteristico
<b><math>\phi'_d</math> [gradi] =</b>	<b>38,0</b>	<b>26,0</b>	angolo di resistenza al taglio di progetto
<b><math>c'_k</math> [kPa] =</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0</b>	coesione caratteristica
<b><math>c'_d</math> [kPa] =</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0</b>	coesione di progetto
<b><math>\delta'_k</math> [gradi] =</b>	<b>25,3</b>	<b>17,3</b>	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
<b><math>\delta'_d</math> [gradi] =</b>	<b>25,3</b>	<b>17,3</b>	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
<b><math>z_{top}</math> [m] =</b>	<b>-6,1</b>	<b>-0,5</b>	quota di testa dell'unità
<b><math>z_{bot}</math> [m] =</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,0</b>	quota di base dell'unità

n.b coerentemente con la stratigrafia adottata l'unità LSA è stata considerata a tergo del muro per la sola porzione di h=0,5 m corrispondente alla porzione interrata del dente di taglio

## 10.2 Caratteristiche geotecniche terreno di fondazione (formazione LSA)

$\gamma_{t,k}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	<b>20,0</b>	peso di volume del terreno caratteristico
$\gamma_{t,d}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	<b>20,0</b>	peso di volume del terreno di progetto
$\phi'_k$ [gradi] =	<b>26,0</b>	angolo di resistenza al taglio caratteristico
$\phi'_d$ [gradi] =	<b>26,0</b>	angolo di resistenza al taglio di progetto
$c'_k$ [kPa] =	<b>10,0</b>	coesione caratteristica
$c'_d$ [kPa] =	<b>10,0</b>	coesione di progetto
$\delta'_k$ [gradi] =	<b>26,0</b>	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno
$\delta'_d$ [gradi] =	<b>26,0</b>	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno

## 10.3 Falda

$\gamma_{w,k}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	<b>10,0</b>	peso di volume dell'acqua caratteristico
$\gamma_{w,d}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	<b>13,0</b>	peso di volume dell'acqua di progetto
$z_w$ [m] =	<b>2,90</b>	quota della falda rispetto a piano finito stradale
$z_{WL, fond}$ [m] =	<b>1,20</b>	quota della falda in fondazione (quota da sotto dente)
$z_{WL, monte}$ [m] =	<b>1,20</b>	quota della falda a monte (quota da sotto dente)

## 10.4 Caratteristiche geometriche muro

$H$ [m] =	<b>4,00</b>	altezza del muro (da estradosso fondazione)
$h_M$ [m] =	<b>1,20</b>	altezza della fondazione a filo monte
$h_V$ [m] =	<b>0,70</b>	altezza della fondazione a filo valle
$B$ [m] =	<b>4,00</b>	larghezza della fondazione
$bo$ [m] =	<b>0,50</b>	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)
$bv$ [m] =	<b>0,50</b>	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle
$bm$ [m] =	<b>3,00</b>	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante
$s$ [m] =	<b>0,50</b>	spessore del muro in elevazione
$pv$ [°] =	<b>0,00</b>	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle
$pm$ [°] =	<b>0,00</b>	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte
$c$ [m] =	<b>0,00</b>	pianerottolo sopra il muro
$\beta$ [gradi] =	<b>16,0</b>	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
$r$ [m] =	<b>0,00</b>	rialzo del muro sopra terreno di monte
$R$ [m] =	<b>0,50</b>	ricoprimento della fondazione a valle
$D$ [m] =	<b>1,20</b>	approfondimento della fondazione a valle
$H_f$ [m] =	<b>6,06</b>	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)
$\psi$ [gradi] =	<b>90,0</b>	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)
$\gamma_{cls,k}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	<b>25,0</b>	peso di volume del muro
$\gamma_{cls,d}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	<b>25,0</b>	peso di volume del muro
$i$ [gradi] =	<b>7,1</b>	contropendenza del piano di fondazione

## 10.5 Caratterizzazione sismica

$a_g/g$ [--] =	<b>0,138</b>	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido
$S_s$ [--] =	<b>1,20</b>	fattore di amplificazione stratigrafica
$S_T$ [--] =	<b>1,00</b>	fattore di amplificazione topografica
$\beta_m$ [--] =	<b>0,24</b>	<a href="#">coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima</a>
$K_h$ [--] =	<b>0,040</b>	coefficiente sismico orizzontale
$K_v$ [--] =	<b>0,020</b>	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)
$\theta$ [gradi] =	<b>2,23</b>	
Hf x	<b>0,500</b>	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)

## 10.6 SLU\_Statico

	$F_x$ [kN]	$F_z$ [kN]	x [m]	z [m]	$M_{STAB}$ [kNm]	$M_{RIB}$ [kNm]	
<b>S</b>	121,07	53,36	-2,00	-	192,10	193,70	spinta statica
<b>DS</b>	0,00	0,00	-2,00	-3,03			incremento spinta sismica applicata ad Hf/2
<b>Rp</b>	-11,20	0,00	2,00	-0,90	0,00		resistenza passiva applicata a D/3
<b><math>V_0, H_0</math></b>	0,00	0,00	0,00	0,00			forze concentrata (verticale e orizzontale)
<b><math>M_0</math></b>	0,00	0,00	0,00	0,00			momento concentrato
<b><math>m_0</math></b>	0,00	0,00	0,65	-6,35			massa sismica concentrata
<b>W1</b>	0,00	70,00	0,00	-0,85	126,00		peso della fondazione (soletta)
<b>W'1</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			peso della fondazione (cuneo inclinato)
<b>W''1</b>	0,00	6,25	-1,75	-0,25	21,09		peso della fondazione (dente)
<b>W2</b>	0,00	50,00	1,25	-3,20	33,75		peso del paramento in elevazione
<b>W'2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			peso del paramento in elevazione
<b>W''2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			peso del paramento in elevazione
<b>W3</b>	0,00	312,00	-0,50	-3,20	702,00		peso del terreno sulla fondazione di monte
<b>W'3</b>	0,00	33,55	-1,00	-5,49	90,58		peso del terreno sulla fondazione di monte
<b>W''3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			peso del terreno sulla fondazione di monte
<b>W'''3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			peso del terreno sulla fondazione di monte
<b>W4</b>	0,00	6,50	1,75	-1,45	1,46		peso del terreno sulla fondazione di valle
<b>dW1</b>	0,00	0,00	0,00	-0,85			inerzia della fondazione (soletta)
<b>dW'1</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)
<b>dW''1</b>	0,00	0,00	-1,75	-0,25			inerzia della fondazione (dente)
<b>dW2</b>	0,00	0,00	1,25	-3,20			inerzia del paramento in elevazione
<b>dW'2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia del paramento in elevazione
<b>dW''2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia del paramento in elevazione
<b>dW3</b>	0,00	0,00	-0,50	-3,20			inerzia del terreno sulla fondazione di monte
<b>dW'3</b>	0,00	0,00	-1,00	-5,49			inerzia del terreno sulla fondazione di monte
<b>dW''3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte
<b>dW'''3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte
<b>dW4</b>	0,00	0,00	1,75	-1,45			inerzia del terreno sulla fondazione di valle

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

$$\Sigma F = 109,9 \quad 531,7 \quad \Sigma M = 1167,0 \quad 193,7$$

**Risultanti sul piano di fondazione**

Dy [m] = **1,00** *passo longitudinale di calcolo*

V [kN] =  $\Sigma F_z$  = 531,7 *risultante delle forze verticali in fondazione*  
 H [kN] =  $\Sigma F_x$  = 109,9 *risultante delle forze orizzontali in fondazione*  
 u [m] = 2,12 *distanza risultante dallo spigolo di valle*  
 ex [m] = -0,12 **<B/6** *eccentricità del carico in fondazione (= M / V)*  
 Bex [m] = 3,77 *larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]*

**Verifica al ribaltamento**

$\Sigma M_{STAB}$  [kNm/m] = 1167,0 *sommatoria dei momenti stabilizzanti*  
 $\Sigma M_{RIB}$  [kNm/m] = 193,7 *sommatoria dei momenti ribaltanti*  
 $\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$  = **6,02** *misura della sicurezza al ribaltamento*

**Verifica allo slittamento**

Hd [kN] = 121,1 *azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)*  
 Nd [kN] = 542,6 *azione ortogonale al piano di fondazione*  
 Td [kN] = 54,2 *azione tangenziale al piano di fondazione*  
 Rd [kN] = 275,8 *resistenza di progetto*  
 Rd / Td = **5,09** *misura della sicurezza allo slittamento*

**Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione**

$\gamma_t$  [kN/m<sup>3</sup>] = 20,0 *peso di volume del terreno*  
 $z_B$  [m] = 3,20 *profondità del meccanismo di rottura [= 0.5 B tan (45+ $\phi'$ /2)]*  
 $z_{WL}$  [m] = 1,20 *profondità della falda da sotto dente (positiva se sotto il piano fondazione)*  
 $\gamma_{t,eq}$  [kN/m<sup>3</sup>] = 14,4 *peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda)*  
 $\phi'_d$  [gradi] = 26,0 *angolo di resistenza al taglio di progetto*  
 $c'_d$  [kPa] = 10,0 *coesione di progetto*

**Caratteristiche geometriche**

B [m] = 4,00 *larghezza della fondazione*  
 L [m] = **100,0** *lunghezza della fondazione*  
 D' [m] = 1,20 *aprofondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)*  
 i [gradi] = 7,1 *contropendenza del piano di fondazione*

**Caratteristiche carico in fondazione**

V [kN/m] = 531,7 *risultante delle forze verticali in fondazione*  
 H [kN/m] = 109,9 *risultante delle forze orizzontali in fondazione*  
 ex [m] = -0,12 *eccentricità del carico in fondazione (= M / V)*  
 B' [m] = 3,77 *larghezza efficace della fondazione*  
 py [kPa] = 141,1 *pressione di Meyerhof*

	$\gamma$	c	$q_0$	
$\gamma_{t,k} B / 2$ [kN/m <sup>2</sup> ] =	27,08	/	/	peso efficace
$c'_d$ [kPa] =	/	10,00	/	coesione

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

$q' \text{ [kPa]} =$	/	/	24,00	<i>pressione efficace di confinamento</i>
$N =$	12,54	22,25	11,85	<i>fattori di portanza</i>
$S =$	1,01	1,02	1,01	<i>fattori forma</i>
$D =$	1,00	1,11	1,10	<i>fattori di approfondimento</i>
$I =$	0,55	0,65	0,68	<i>fattori di inclinazione del carico</i>
$B =$	0,88	0,87	0,88	<i>fattori di inclinazione del piano di fondazione</i>
$q_{lim,x} \text{ [kPa]} =$	167,7	141,5	188,3	<i>prodotto dei contributi</i>

$q_{lim} \text{ [kPa]} =$	497,6	<i>pressione limite</i>
$Q_{lim} \text{ [kN/m]} =$	1874,7	<i>carico limite</i>
$FS \text{ [--]} =$	<b>4,04</b>	$FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$
$FS \text{ [--]} =$	<b>3,53</b>	$FS = Q_{lim} / V$

**Tensioni di contatto in fondazione**

$e_x \text{ [m]} =$	-0,12	<b>&lt;B/6</b>	<i>eccentricità</i>
$B_x \text{ [m]} =$	4,00		<i>larghezza sezione reagente in fondazione</i>
$s_M \text{ [kPa]} =$	132,9		<i>tensione di contatto media</i>
$\sigma_A \text{ [kPa]} =$	109,8		<i>tensione di contatto spigolo valle</i>
$\sigma_{A'} \text{ [kPa]} =$	115,6		<i>tensione di contatto filo muro valle</i>
$\sigma_{B'} \text{ [kPa]} =$	121,3		<i>tensione di contatto filo muro monte</i>
$\sigma_B \text{ [kPa]} =$	156,1		<i>tensione di contatto spigolo monte</i>

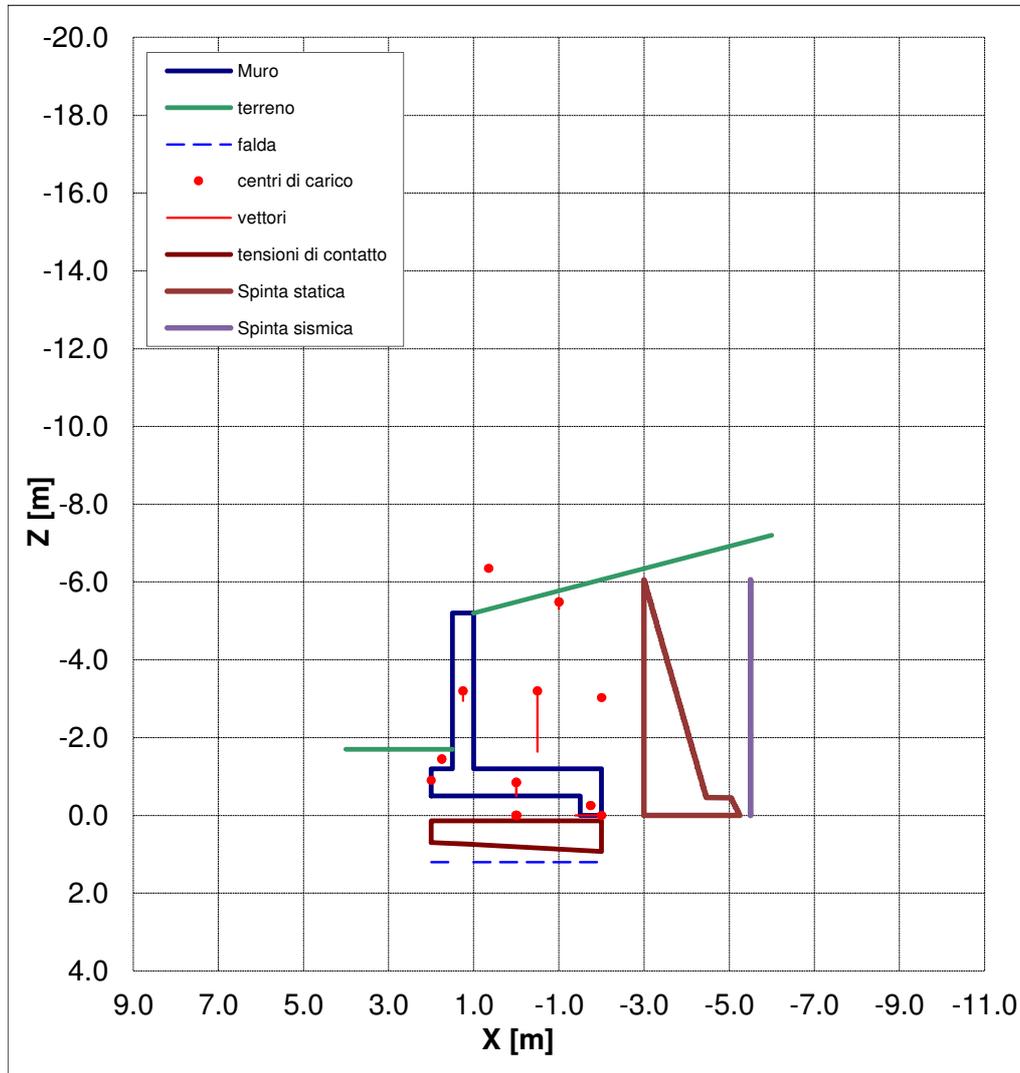


Figura 14 – Schema di riferimento di calcolo SLU statico

### 10.7 SLU\_Sismico

	$F_x$ [kN]	$F_z$ [kN]	$x$ [m]	$z$ [m]	$M_{STAB}$ [kNm]	$M_{RIB}$ [kNm]	
<b>S</b>	107,85	0,00	-2,00	-	0,00	160,31	<i>spinta statica</i>
<b>DS</b>	10,73	0,00	-2,00	-3,03		27,15	<i>incremento spinta sismica applicata ad Hf/2</i>
<b>Rp</b>	-10,91	0,00	2,00	-0,90	0,00		<i>resistenza passiva applicata a D/3</i>
<b><math>V_0, H_0</math></b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>forze concentrata (verticale e orizzontale)</i>
<b><math>M_0</math></b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>momento concentrato</i>
<b><math>m_0</math></b>	0,00	0,00	0,65	-6,35			<i>massa sismica concentrata</i>
<b>W1</b>	0,00	70,00	0,00	-0,85	140,00		<i>peso della fondazione (soletta)</i>
<b>W'1</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>peso della fondazione (cuneo inclinato)</i>
<b>W''1</b>	0,00	6,25	-1,75	-0,25	23,44		<i>peso della fondazione (dente)</i>

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

W2	0,00	50,00	1,25	-3,20	37,50			<i>peso del paramento in elevazione</i>
W'2	0,00	0,00	0,00	0,00				<i>peso del paramento in elevazione</i>
W''2	0,00	0,00	0,00	0,00				<i>peso del paramento in elevazione</i>
W3	0,00	240,00	-0,50	-3,20	600,00			<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i>
W'3	0,00	25,81	-1,00	-5,49	77,42			<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i>
W''3	0,00	0,00	0,00	0,00				<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i>
W'''3	0,00	0,00	0,00	0,00				<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i>
W4	0,00	5,00	1,75	-1,45	1,25			<i>peso del terreno sulla fondazione di valle</i>
dW1	2,78	1,40	0,00	-0,85	2,80	0,97		<i>inerzia della fondazione (soletta)</i>
dW'1	0,00	0,00	0,00	0,00				<i>inerzia della fondazione (cuneo inclinato)</i>
dW''1	0,25	0,13	-1,75	-0,25	0,53			<i>inerzia della fondazione (dente)</i>
dW2	1,99	1,00	1,25	-3,20	0,75	5,37		<i>inerzia del paramento in elevazione</i>
dW'2	0,00	0,00	0,00	0,00				<i>inerzia del paramento in elevazione</i>
dW''2	0,00	0,00	0,00	0,00				<i>inerzia del paramento in elevazione</i>
dW3	9,54	4,80	-0,50	-3,20	12,00	25,75		<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i>
dW'3	1,03	0,52	-1,00	-5,49	1,55	5,11		<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i>
dW''3	0,00	0,00	0,00	0,00				<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i>
dW'''3	0,00	0,00	0,00	0,00				<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i>
dW4	0,20	0,10	1,75	-1,45	0,03	0,19		<i>inerzia del terreno sulla fondazione di valle</i>
$\Sigma F =$	123,4	405,0					$\Sigma M =$	897,3    224,9

Risultanti sul piano di fondazione

Dy [m] = **1,00** passo longitudinale di calcolo

V [kN] =  $\Sigma F_z = 405,0$  risultante delle forze verticali in fondazione  
H [kN] =  $\Sigma F_x = 123,4$  risultante delle forze orizzontali in fondazione  
u [m] = 1,67 distanza risultante dallo spigolo di valle  
ex [m] = **0,33** < B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)  
Bex [m] = 3,34 larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

Verifica al ribaltamento

$\Sigma M_{STAB}$  [kNm/m] = **897,3** sommatoria dei momenti stabilizzanti  
 $\Sigma M_{RIB}$  [kNm/m] = **224,9** sommatoria dei momenti ribaltanti  
 $\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB} =$  **3,99** misura della sicurezza al ribaltamento

Verifica allo slittamento

Hd [kN] = **134,4** azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)  
Nd [kN] = 418,5 azione ortogonale al piano di fondazione  
Td [kN] = **83,1** azione tangenziale al piano di fondazione  
Rd [kN] = **215,0** resistenza di progetto  
Rd / Td = **2,59** misura della sicurezza allo slittamento

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

$\gamma_t$  [kN/m<sup>3</sup>] = 20,0 peso di volume del 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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

$z_B$ [m] =	3,20	profondità del meccanismo di rottura [ $= 0.5 B \tan (45+\phi'/2)$ ]
$z_{WL}$ [m] =	1,20	profondità della falda da sotto dente (positiva se sotto il piano fondazione)
$\gamma'_{t,eq}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	14,4	peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)
$\phi'_d$ [gradi] =	26,0	angolo di resistenza al taglio di progetto
$c'_d$ [kPa] =	10,0	coesione di progetto

**Caratteristiche geometriche**

$B$ [m] =	4,00	larghezza della fondazione
$L$ [m] =	<b>100,0</b>	lunghezza della fondazione
$D'$ [m] =	1,20	approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)
$i$ [gradi] =	7,1	contropendenza del piano di fondazione

**Caratteristiche carico in fondazione**

$V$ [kN/m] =	405,0	risultante delle forze verticali in fondazione
$H$ [kN/m] =	123,4	risultante delle forze orizzontali in fondazione
$e_x$ [m] =	0,33	eccentricità del carico in fondazione ( $= M / V$ )
$B'$ [m] =	<b>3,34</b>	larghezza efficace della fondazione
$p_y$ [kPa] =	<b>121,2</b>	pressione di Meyerhof

	$\gamma$	$c$	$q_0$	
$\gamma'_{t,k} B / 2$ [kN/m <sup>2</sup> ] =	24,02	/	/	peso efficace
$c'_d$ [kPa] =	/	10,00	/	coesione
$q'$ [kPa] =	/	/	24,00	pressione efficace di confinamento
$N$ =	12,54	22,25	11,85	fattori di portanza
$S$ =	1,01	1,02	1,01	fattori forma
$D$ =	1,00	1,12	1,11	fattori di approfondimento
$I$ =	0,41	0,51	0,55	fattori di inclinazione del carico
$B$ =	0,88	0,87	0,88	fattori di inclinazione del piano di fondazione
$q_{lim,x}$ [kPa] =	109,4	112,9	155,2	prodotto dei contributi

$q_{lim}$ [kPa] =	377,4	pressione limite
$Q_{lim}$ [kN/m] =	1261,4	carico limite
$FS$ [--] =	<b>3,64</b>	$FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$
$FS$ [--] =	<b>3,11</b>	$FS = Q_{lim} / V$

**Tensioni di contatto in fondazione**

$e_x$ [m] =	<b>0,33</b>	$< B/6$ eccentricità
$B_x$ [m] =	<b>4,00</b>	larghezza sezione reagente in fondazione
$s_M$ [kPa] =	<b>101,2</b>	tensione di contatto media
$\sigma_A$ [kPa] =	<b>151,2</b>	tensione di contatto spigolo valle
$\sigma_{A'}$ [kPa] =	<b>138,7</b>	tensione di contatto filo muro valle
$\sigma_{B'}$ [kPa] =	<b>126,2</b>	tensione di contatto filo muro monte
$\sigma_B$ [kPa] =	<b>51,3</b>	tensione di contatto spigolo monte

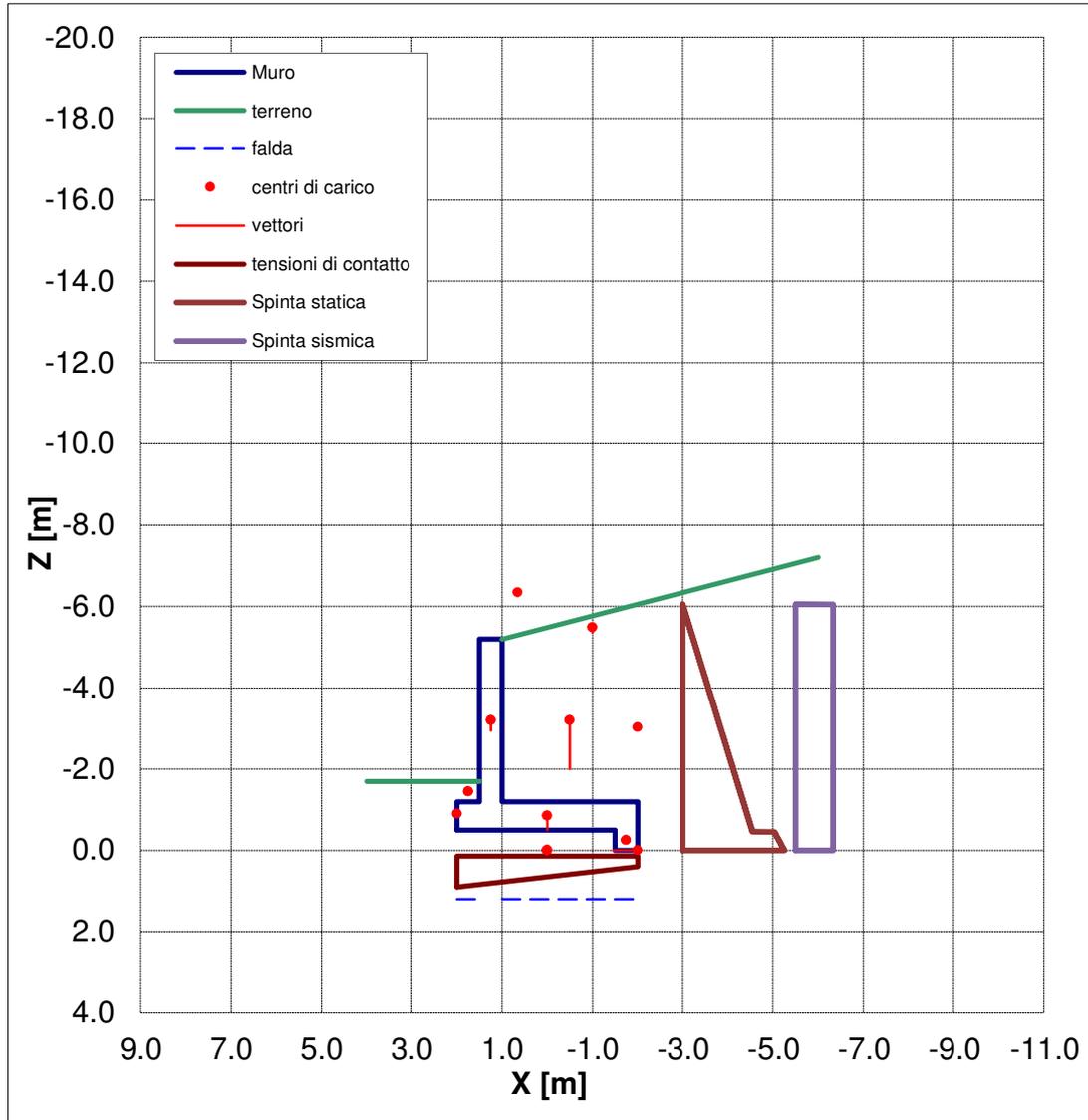


Figura 15 – Schema di riferimento di calcolo SLU sismico

### 10.8 GEO\_Statico

	$F_x$ [kN]	$F_z$ [kN]	$x$ [m]	$z$ [m]	$M_{STAB}$ [kNm]	$M_{RIB}$ [kNm]	
<b>S</b>	122,60	54,10	-2,00	-	194,76	196,99	<i>spinta statica</i>
<b>DS</b>	0,00	0,00	-2,00	-3,03			<i>incremento spinta sismica applicata ad <math>H_f/2</math></i>
<b>Rp</b>	-8,53	0,00	2,00	-0,90	0,00		<i>resistenza passiva applicata a <math>D/3</math></i>
<b><math>V_0, H_0</math></b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>forze concentrata (verticale e orizzontale)</i>
<b><math>M_0</math></b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>momento concentrato</i>
<b><math>m_0</math></b>	0,00	0,00	0,65	-6,35			<i>massa sismica concentrata</i>

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

W1	0,00	70,00	0,00	-0,85	126,00	peso della fondazione (soletta)
W'1	0,00	0,00	0,00	0,00		peso della fondazione (cuneo inclinato)
W''1	0,00	6,25	-1,75	-0,25	21,09	peso della fondazione (dente)
W2	0,00	50,00	1,25	-3,20	33,75	peso del paramento in elevazione
W'2	0,00	0,00	0,00	0,00		peso del paramento in elevazione
W''2	0,00	0,00	0,00	0,00		peso del paramento in elevazione
W3	0,00	240,00	-0,50	-3,20	540,00	peso del terreno sulla fondazione di monte
W'3	0,00	25,81	-1,00	-5,49	69,68	peso del terreno sulla fondazione di monte
W''3	0,00	0,00	0,00	0,00		peso del terreno sulla fondazione di monte
W'''3	0,00	0,00	0,00	0,00		peso del terreno sulla fondazione di monte
W4	0,00	5,00	1,75	-1,45	1,13	peso del terreno sulla fondazione di valle
dW1	0,00	0,00	0,00	-0,85		inerzia della fondazione (soletta)
dW'1	0,00	0,00	0,00	0,00		inerzia della fondazione (cuneo inclinato)
dW''1	0,00	0,00	-1,75	-0,25		inerzia della fondazione (dente)
dW2	0,00	0,00	1,25	-3,20		inerzia del paramento in elevazione
dW'2	0,00	0,00	0,00	0,00		inerzia del paramento in elevazione
dW''2	0,00	0,00	0,00	0,00		inerzia del paramento in elevazione
dW3	0,00	0,00	-0,50	-3,20		inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW'3	0,00	0,00	-1,00	-5,49		inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW''3	0,00	0,00	0,00	0,00		inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW'''3	0,00	0,00	0,00	0,00		inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW4	0,00	0,00	1,75	-1,45		inerzia del terreno sulla fondazione di valle
$\Sigma F =$	114,1	451,2				
			$\Sigma M =$	986,4	197,0	

Risultanti sul piano di fondazione

Dy [m] = **1,00** passo longitudinale di calcolo

V [kN] =  $\Sigma F_z = 451,2$  risultante delle forze verticali in fondazione  
H [kN] =  $\Sigma F_x = 114,1$  risultante delle forze orizzontali in fondazione  
u [m] = 2,04 distanza risultante dallo spigolo di valle  
ex [m] = -0,04 < B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)  
Bex [m] = 3,92 larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

Verifica al ribaltamento

$\Sigma M_{STAB}$  [kNm/m] = 986,4 sommatoria dei momenti stabilizzanti  
 $\Sigma M_{RIB}$  [kNm/m] = 197,0 sommatoria dei momenti ribaltanti  
 $\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB} = 5,01$  misura della sicurezza al ribaltamento

Verifica allo slittamento

Hd [kN] = 122,6 azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)  
Nd [kN] = 462,9 azione ortogonale al piano di fondazione  
Td [kN] = 65,7 azione tangenziale al piano di fondazione  
Rd [kN] = 189,1 resistenza di progetto  
Rd / Td = 2,88 misura della sicurezza allo slittamento

**Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione**

$\gamma_t$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	20,0	peso di volume del terreno
$z_B$ [m] =	2,93	profondità del meccanismo di rottura [ $= 0.5 B \tan (45+\phi'/2)$ ]
$z_{WL}$ [m] =	1,20	profondità della falda da sotto dente (positiva se sotto il piano fondazione)
$\gamma'_{t,eq}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	14,7	peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)
$\phi'_d$ [gradi] =	21,3	angolo di resistenza al taglio di progetto
$c'_d$ [kPa] =	8,0	coesione di progetto

**Caratteristiche geometriche**

$B$ [m] =	4,00	larghezza della fondazione
$L$ [m] =	<b>100,0</b>	lunghezza della fondazione
$D'$ [m] =	1,20	approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)
$i$ [gradi] =	7,1	contropendenza del piano di fondazione

**Caratteristiche carico in fondazione**

$V$ [kN/m] =	451,2	risultante delle forze verticali in fondazione
$H$ [kN/m] =	114,1	risultante delle forze orizzontali in fondazione
$e_x$ [m] =	-0,04	eccentricità del carico in fondazione ( $= M / V$ )
$B'$ [m] =	<b>3,92</b>	larghezza efficace della fondazione
$p_y$ [kPa] =	<b>115,1</b>	pressione di Meyerhof

	$\gamma$	$c$	$q_0$	
$\gamma'_{t,k} B / 2$ [kN/m <sup>2</sup> ] =	28,85	/	/	peso efficace
$c'_d$ [kPa] =	/	8,00	/	coesione
$q'$ [kPa] =	/	/	24,00	pressione efficace di confinamento
$N$ =	6,48	16,14	7,30	fattori di portanza
$S$ =	1,01	1,02	1,01	fattori forma
$D$ =	1,00	1,11	1,10	fattori di approfondimento
$I$ =	0,49	0,56	0,62	fattori di inclinazione del carico
$B$ =	0,91	0,89	0,91	fattori di inclinazione del piano di fondazione
$q_{lim,x}$ [kPa] =	83,4	73,1	109,2	prodotto dei contributi

$q_{lim}$ [kPa] =	265,7	pressione limite
$Q_{lim}$ [kN/m] =	1041,5	carico limite
$FS$ [--] =	<b>2,65</b>	$FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$
$FS$ [--] =	<b>2,31</b>	$FS = Q_{lim} / V$

**Tensioni di contatto in fondazione**

$e_x$ [m] =	-0,04	$< B/6$	eccentricità
$B_x$ [m] =	4,00		larghezza sezione reagente in fondazione
$s_M$ [kPa] =	112,8		media
$\sigma_A$ [kPa] =	106,0		tensione di contatto spigolo valle
$\sigma_{A'}$ [kPa] =	107,7		tensione di contatto filo muro valle

$\sigma_{B'}$  [kPa] = 109,4      tensione di contatto filo muro monte  
 $\sigma_B$  [kPa] = 119,5      tensione di contatto spigolo monte

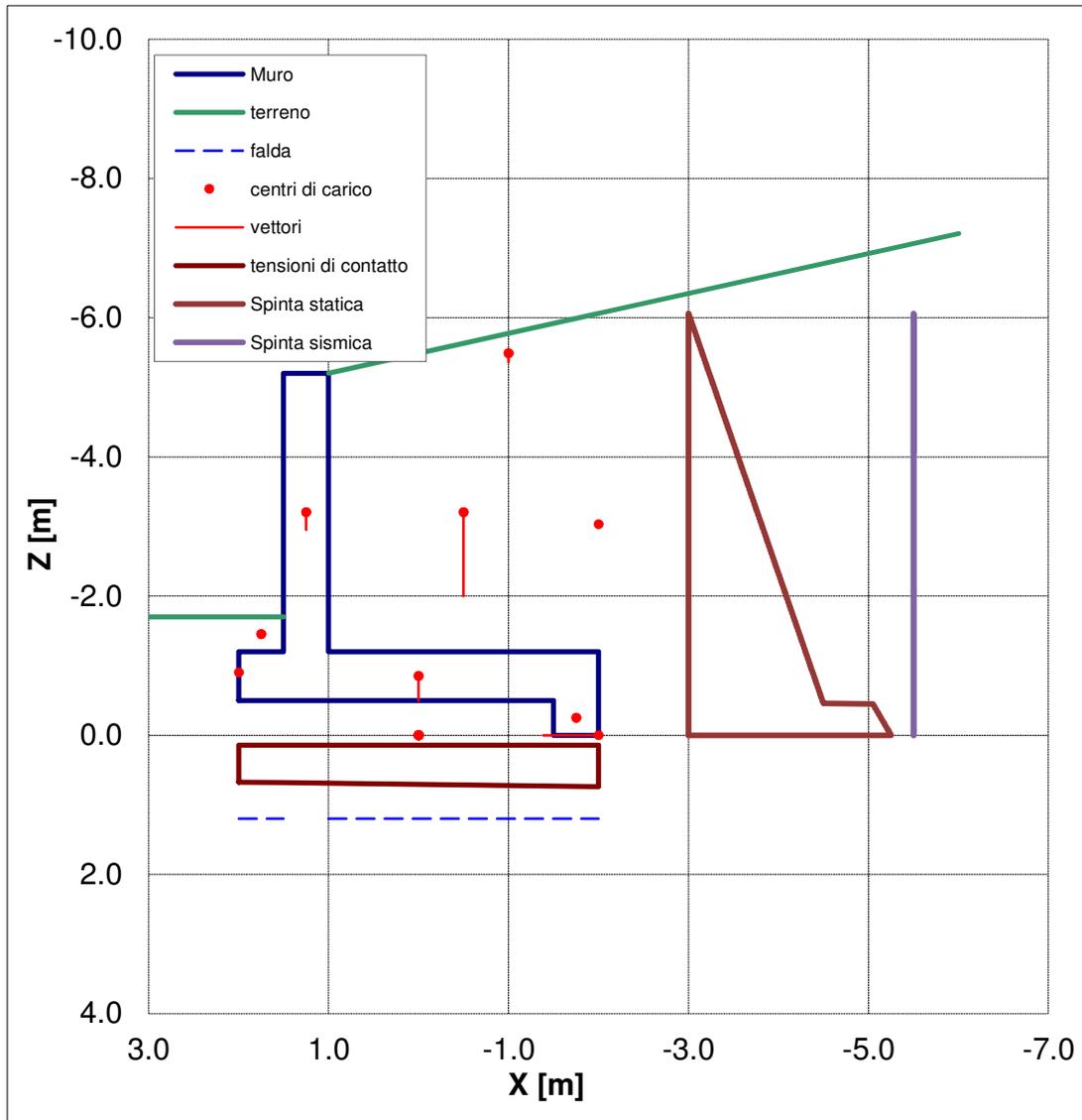


Figura 16 – Schema di riferimento di calcolo GEO statico

### 10.9 GEO\_Sismico (condizioni drenate)

Di seguito, pur essendo la formazione LSA, di natura prettamente coesiva si riporta la verifica sismica in condizioni drenate che risulta maggiormente cautelativa per tale tipologia di terreni.

	$F_x$ [kN]	$F_z$ [kN]	x [m]	z [m]	$M_{STAB}$ [kNm]	$M_{RIB}$ [kNm]	
S	144,23	0,00	-2,00	-	0,00	234,63	spinta statica

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

DS	14,16	0,00	-2,00	-3,03		35,83	incremento spinta sismica applicata ad Hf/2
Rp	-8,33	0,00	2,00	-0,90	0,00		resistenza passiva applicata a D/3
V <sub>0</sub> , H <sub>0</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00			forze concentrata (verticale e orizzontale)
M <sub>0</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00			momento concentrato
m <sub>0</sub>	0,00	0,00	0,65	-6,35			massa sismica concentrata
W1	0,00	70,00	0,00	-0,85	126,00		peso della fondazione (soletta)
W'1	0,00	0,00	0,00	0,00			peso della fondazione (cuneo inclinato)
W''1	0,00	6,25	-1,75	-0,25	21,09		peso della fondazione (dente)
W2	0,00	50,00	1,25	-3,20	33,75		peso del paramento in elevazione
W'2	0,00	0,00	0,00	0,00			peso del paramento in elevazione
W''2	0,00	0,00	0,00	0,00			peso del paramento in elevazione
W3	0,00	240,00	-0,50	-3,20	540,00		peso del terreno sulla fondazione di monte
W'3	0,00	25,81	-1,00	-5,49	69,68		peso del terreno sulla fondazione di monte
W''3	0,00	0,00	0,00	0,00			peso del terreno sulla fondazione di monte
W'''3	0,00	0,00	0,00	0,00			peso del terreno sulla fondazione di monte
W4	0,00	5,00	1,75	-1,45	1,13		peso del terreno sulla fondazione di valle
dW1	2,78	1,39	0,00	-0,85	2,50	1,07	inerzia della fondazione (soletta)
dW'1	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)
dW''1	0,25	0,12	-1,75	-0,25	0,48		inerzia della fondazione (dente)
dW2	1,99	0,99	1,25	-3,20	0,67	5,90	inerzia del paramento in elevazione
dW'2	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia del paramento in elevazione
dW''2	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia del paramento in elevazione
dW3	9,54	4,77	-0,50	-3,20	10,73	28,33	inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW'3	1,03	0,51	-1,00	-5,49	1,38	5,63	inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW''3	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW'''3	0,00	0,00	0,00	0,00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW4	0,20	0,10	1,75	-1,45	0,02	0,21	inerzia del terreno sulla fondazione di valle
ΣF =	165,8	404,9					
			ΣM =	807,4	311,6		

Risultanti sul piano di fondazione

Dy [m] = 1,00 passo longitudinale di calcolo

V [kN] = ΣF<sub>z</sub> = 404,9 risultante delle forze verticali in fondazione

H [kN] = ΣF<sub>x</sub> = 165,8 risultante delle forze orizzontali in fondazione

u [m] = 1,52 distanza risultante dallo spigolo di valle

ex [m] = 0,48 < B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)

Bex [m] = 3,03 larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

Verifica al ribaltamento

ΣM<sub>STAB</sub> [kNm/m] = 807,4 sommatoria dei momenti stabilizzanti

ΣM<sub>RIB</sub> [kNm/m] = 311,6 sommatoria dei momenti ribaltanti

ΣM<sub>STAB</sub> / ΣM<sub>RIB</sub> = 2,59 misura della sicurezza al ribaltamento

Verifica allo slittamento

Hd [kN] = 174,2 azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

*resistenza passiva)*  
**N<sub>d</sub> [kN] = 423,4** azione ortogonale al piano di fondazione  
**T<sub>d</sub> [kN] = 122,6** azione tangenziale al piano di fondazione  
**R<sub>d</sub> [kN] = 173,5** resistenza di progetto  
**R<sub>d</sub> / T<sub>d</sub> = 1,42** [misura della sicurezza allo slittamento](#)

257,1429

### Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

**γ<sub>t</sub> [kN/m<sup>3</sup>] = 20,0** peso di volume del terreno  
**z<sub>B</sub> [m] = 2,93** profondità del meccanismo di rottura [= 0.5 B tan (45+φ'/2)]  
**z<sub>WL</sub> [m] = 1,20** profondità della falda da sotto dente (positiva se sotto il piano fondazione)  
**γ'<sub>t,eq</sub> [kN/m<sup>3</sup>] = 14,7** peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)  
**φ'<sub>d</sub> [gradi] = 21,3** angolo di resistenza al taglio di progetto  
**c'<sub>d</sub> [kPa] = 8,0** coesione di progetto

### Caratteristiche geometriche

**B [m] = 4,00** larghezza della fondazione  
**L [m] = 100,0** lunghezza della fondazione  
**D' [m] = 1,20** approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)  
**i [gradi] = 7,1** contropendenza del piano di fondazione

### Caratteristiche carico in fondazione

**V [kN/m] = 404,9** risultante delle forze verticali in fondazione  
**H [kN/m] = 165,8** risultante delle forze orizzontali in fondazione  
**ex [m] = 0,48** eccentricità del carico in fondazione (= M / V)  
**B' [m] = 3,03** larghezza efficace della fondazione  
**py [kPa] = 133,5** pressione di Meyerhof

	<b>γ</b>	<b>c</b>	<b>q<sub>0</sub></b>	
<b>γ'<sub>t,k</sub> B / 2 [kN/m<sup>2</sup>] =</b>	22,32	/	/	peso efficace
<b>c'<sub>d</sub> [kPa] =</b>	/	8,00	/	coesione
<b>q' [kPa] =</b>	/	/	24,00	pressione efficace di confinamento
<b>N =</b>	6,48	16,14	7,30	fattori di portanza
<b>S =</b>	1,01	1,01	1,01	fattori forma
<b>D =</b>	1,00	1,14	1,13	fattori di approfondimento
<b>I =</b>	0,27	0,33	0,42	fattori di inclinazione del carico
<b>B =</b>	0,91	0,89	0,91	fattori di inclinazione del piano di fondazione
<b>q<sub>lim,x</sub> [kPa] =</b>	35,8	43,9	75,7	prodotto dei contributi

**q<sub>lim</sub> [kPa] = 155,4** pressione limite  
**Q<sub>lim</sub> [kN/m] = 471,2** carico limite  
**FS [--] = 1,20** **FS = (q<sub>lim</sub> - q<sub>0</sub>) / (q - q<sub>0</sub>)**  
**FS [--] = 1,16** **FS = Q<sub>lim</sub> / V**

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

### Tensioni di contatto in fondazione

$e_x$ [m] =	0,48	<B/6	eccentricità
$B_x$ [m] =	4,00		larghezza sezione reagente in fondazione
$s_M$ [kPa] =	101,2		tensione di contatto media
$\sigma_A$ [kPa] =	174,7		tensione di contatto spigolo valle
$\sigma_{A'}$ [kPa] =	156,3		tensione di contatto filo muro valle
$\sigma_{B'}$ [kPa] =	138,0		tensione di contatto filo muro monte
$\sigma_B$ [kPa] =	27,8		tensione di contatto spigolo monte

### 10.10 GEO\_Sismico ( condizioni non drenate)

Di seguito, si riportano anche le verifiche in condizioni sismiche con i parametri non drenati per la formazione LSA .

In particolare la verifica a traslazione A2+M2+R2 sismica risulta:

#### Verifica allo slittamento

$H_d$ [kN] =	174,2	azione orizzontale destabilizzante
$T_d$ [kN] =	122,6	azione tangenziale al piano di fondazione
$R_d$ [kN] =	257,1	resistenza di progetto
$R_d / T_d$ =	2,10	<a href="#">misura della sicurezza allo slittamento</a>

#### Verifica a capacità portante

	$c$	$q_0$	
$\gamma'_{t,k} B / 2$ [kN/m <sup>2</sup> ] =	/	/	peso efficace
$c'_d$ [kPa] =	64,29	/	coesione
$q'$ [kPa] =	/	24,00	pressione efficace di confinamento
$N$ =	5,14	1,00	fattori di portanza
$S$ =	1,00	1,00	fattori forma
$D$ =	1,00	1,00	fattori di approfondimento
$I$ =	1,00	1,00	fattori di inclinazione del carico
$B$ =	1,00	1,00	fattori di inclinazione del piano di fondazione
$q_{lim,x}$ [kPa] =	330,4	24,0	prodotto dei contributi

$q_{lim}$ [kPa] =	354,4	pressione limite
$Q_{lim}$ [kN/m] =	1074,7	carico limite
FS [--] =	3,02	$FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$
FS [--] =	2,65	$FS = Q_{lim} / V$

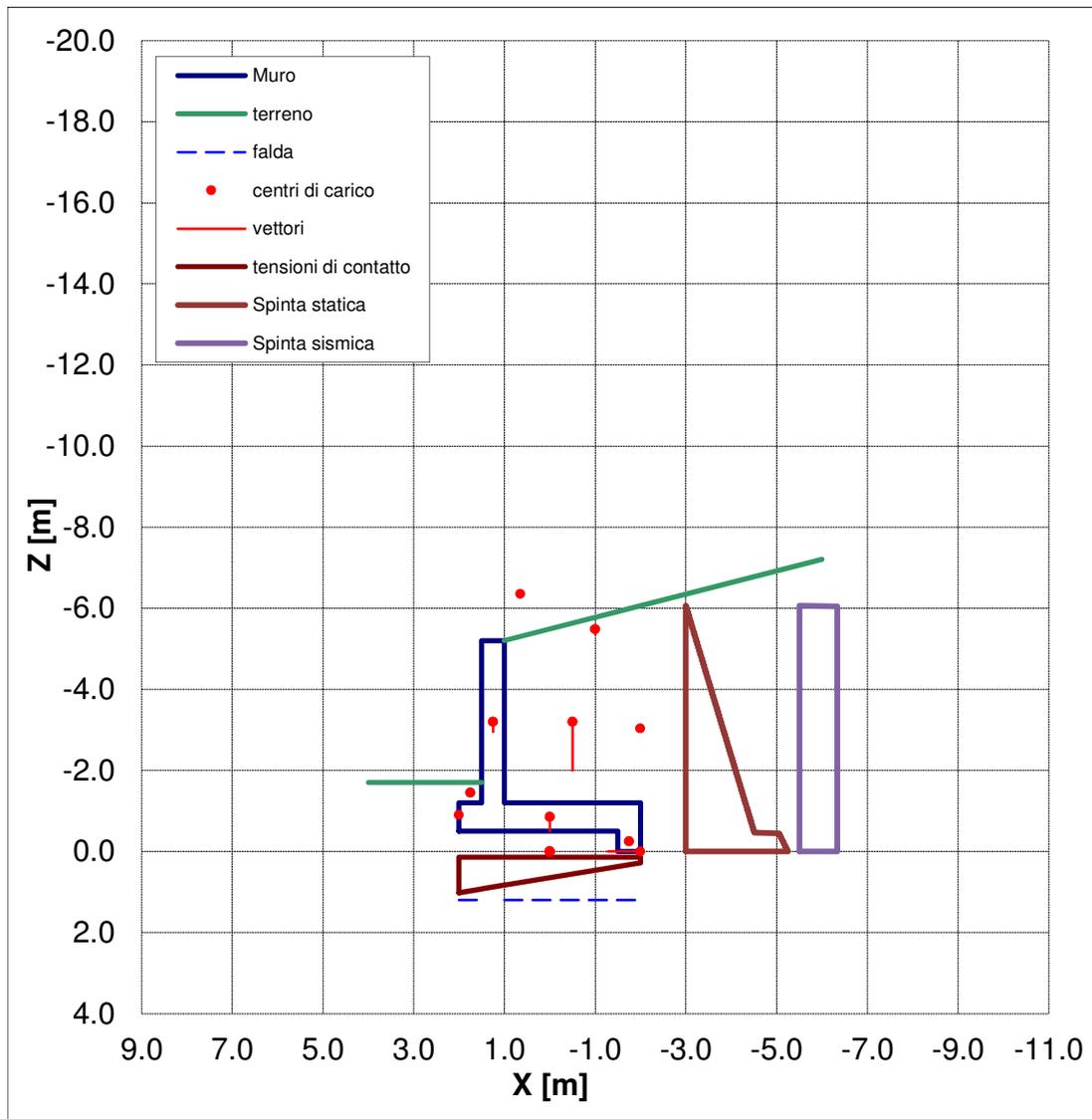


Figura 17 – Schema di riferimento di calcolo GEO sismico

Nelle tabelle seguenti si riporta un riassuntivo dei coefficienti di sicurezza ottenuti nelle varie verifiche effettuate e riportate in precedenza, per le varie combinazioni previste da normativa.

**A1+M1+R1**

Fs - Condizioni Statiche			Fs - Condizioni sismiche		
Ribaltamento	Scorrimento	Carico limite	Ribaltamento	Scorrimento	Carico limite
6.02	5.09	4.04	3.99	2.59	3.64

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

## A2+M2+R2

Fs - Condizioni Statiche			Fs - Condizioni sismiche (condizioni non drenate)			Fs - Condizioni sismiche (condizioni drenate)		
Ribaltam.	Scorrim..	Carico limite	Ribaltam.	Scorrim..	Carico limite	Ribaltam.	Scorrim..	Carico limite
5.01	2.88	2.65	2.59	2.10	3.02	2.59	1.42	1.20

Nella tabella seguente si riportano, per un mero confronto i coefficienti ottenuti dalle verifiche effettuate in sede di PEA, ( cfr. elab. PEOS41RC01\_30\_4137-REL CALCOLO).

## A2+M2+R2 (PEA)

Fs - Condizioni Statiche Parametri terreno condizioni drenate			Fs - Condizioni sismiche (condizioni non drenate)		
Ribaltame nto	Scorrim nto	Carico limite	Ribaltamento	Scorrimento	Carico limite
3.94	2.35	2.60	2.44	1.99	2.63

Dal confronto delle tabelle soprariportate, si evince che i coefficienti di sicurezza ottenuti in PED, sia in condizioni statiche che sismiche, sono equivalenti se non superiori a quelli di PEA.

## 10.11 SLE\_Rare\_Frequenti\_Quasi permanenti

	$F_x$ [kN]	$F_z$ [kN]	$x$ [m]	$z$ [m]	$M_{STAB}$ [kNm]	$M_{RIB}$ [kNm]	
<b>S</b>	91,76	40,62	-2,00	-	146,23	149,00	<i>spinta statica</i>
<b>DS</b>	0,00	0,00	-2,00	-3,03			<i>incremento spinta sismica applicata ad Hf/2</i>
<b>Rp</b>	0,00	0,00	2,00	-0,90			<i>resistenza passiva applicata a D/3</i>
<b>V<sub>0</sub>, H<sub>0</sub></b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>forze concentrata (verticale e orizzontale)</i>
<b>M<sub>0</sub></b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>momento concentrato</i>
<b>m<sub>0</sub></b>	0,00	0,00	0,65	-6,35			<i>massa sismica concentrata</i>
<b>W1</b>	0,00	70,00	0,00	-0,85	126,00		<i>peso della fondazione (soletta)</i>
<b>W'1</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>peso della fondazione (cuneo inclinato)</i>
<b>W''1</b>	0,00	6,25	-1,75	-0,25	21,09		<i>peso della fondazione (dente)</i>
<b>W2</b>	0,00	50,00	1,25	-3,20	33,75		<i>peso del paramento in elevazione</i>
<b>W'2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>peso del paramento in elevazione</i>
<b>W''2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>peso del paramento in elevazione</i>
<b>W3</b>	0,00	240,00	-0,50	-3,20	540,00		<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i>
<b>W'3</b>	0,00	25,81	-1,00	-5,49	69,68		<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i>
<b>W''3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i>
<b>W'''3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00			<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i>

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

<b>W4</b>	0,00	5,00	1,75	-1,45	1,13	<i>peso del terreno sulla fondazione di valle</i>
<b>dW1</b>	0,00	0,00	0,00	-0,85		<i>inerzia della fondazione (soletta)</i>
<b>dW'1</b>	0,00	0,00	0,00	0,00		<i>inerzia della fondazione (cuneo inclinato)</i>
<b>dW''1</b>	0,00	0,00	-1,75	-0,25		<i>inerzia della fondazione (dente)</i>
<b>dW2</b>	0,00	0,00	1,25	-3,20		<i>inerzia del paramento in elevazione</i>
<b>dW'2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00		<i>inerzia del paramento in elevazione</i>
<b>dW''2</b>	0,00	0,00	0,00	0,00		<i>inerzia del paramento in elevazione</i>
<b>dW3</b>	0,00	0,00	-0,50	-3,20		<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i>
<b>dW'3</b>	0,00	0,00	-1,00	-5,49		<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i>
<b>dW''3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00		<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i>
<b>dW'''3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00		<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i>
<b>dW4</b>	0,00	0,00	1,75	-1,45		<i>inerzia del terreno sulla fondazione di valle</i>
<b>ΣF =</b>	<b>91,8</b>	<b>437,7</b>			<b>ΣM = 937,9 149,0</b>	

### 10.12 Sollecitazioni in fondazione e paramento

		S.L.V. (A1+M1)	S.L.U. (A1+M1)	S.L.E. RARE	S.L.E. FREQ.	S.L.E. Q.P.
<b>PARAMENTO IN ELEVAZIONE H/3</b>	N	34.00	33.33	33.33	33.33	33.33
	T	46.51	38.19	29.37	29.37	29.37
	M	59.14	44.94	34.57	34.57	34.57
<b>PARAMENTO IN ELEVAZIONE SPICCATO FOND.</b>	N	51.00	50.00	50.00	50.00	50.00
	T	83.31	70.79	55.95	55.95	55.95
	M	149.84	117.28	90.47	90.47	90.47
<b>FONDAZIONE MENSOLA DI MONTE INCASTRO</b>	N	-	-	-	-	-
	T	-82.30	-58.74	-45.31	-45.31	-45.31
	M	-199.98	-165.92	-135.63	-135.63	-135.63
<b>FONDAZIONE MENSOLA DI VALLE INCASTRO</b>	N	-	-	-	-	-
	T	58.06	40.69	35.44	35.44	35.44
	M	14.81	10.08	8.83	8.83	8.83

### 10.13 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno - terreno

Per le verifiche di stabilità globale sono stati utilizzati stratigrafia, caratterizzazione geotecnica e ipotesi sul livello di falda, riportati al paragrafo 5.4 della presente relazione, dati assolutamente in linea con le ipotesi di PEA.

L'analisi è stata eseguita con riferimento alla sezione di massima altezza (Sezione n°1476 alla progressiva km 29+480.41).

Le verifiche sono state effettuate con riferimento all'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2) delle NTC 2008 sia in condizioni statiche che sismiche, facendo riferimento ad un modello semplificato basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci). Pertanto il calcolo è stato condotto utilizzando i metodi dell'equilibrio limite, considerando forme di superfici di scivolamento compatibili con i cinematismi di rottura attesi.

Sono state analizzate tutte le possibili superfici di scivolamento in relazione alla geometria dello scavo.

Per le verifiche si è utilizzato il programma Macstars 4.0 della Maccaferri, software largamente utilizzato nella progettazione, geotecnica delle opere, peraltro utilizzato diffusamente nelle relazioni di calcolo di PEA. Si precisa che il programma *Macstars W*, nelle verifiche di stabilità globale divide (fattorizza) automaticamente il coefficiente di sicurezza ottenuto dal calcolo, per il fattore di sicurezza previsto dalla normativa NTC 2008,  $R_2 (\gamma_R)=1,1$ . Pertanto, ai fini del soddisfacimento della verifica prevista delle NTC 2008, il valore del suddetto coefficiente, direttamente espresso nelle verifiche e nei file di output del programma, deve essere confrontato con il valore limite di 1 e non di 1,1.

Si vedano a tale proposito i file di input/output del modello di calcolo, riportati in allegato alla presente relazione, nei quali è esplicitamente riportato il valore del coefficiente parziale  $R_2(\gamma_R)=1,1$

Tuttavia per maggiore chiarezza, nella seguente tabella, si riportano i valori dei coefficienti ottenuti nelle verifiche espressi, sia nel valore numerico ottenuto direttamente dal programma, (e cioè divisi per il coefficiente  $R_2 (\gamma_R )=1,1$ ), che nel valore non fattorizzato, e i relativi confronti con i limiti di normativa.

<b>Tipo di verifica</b>	<b>F<sub>s</sub></b> (fattorizzato per $\gamma_{R=1.1}$ )	<b>F<sub>s</sub></b> (non fattorizzato)
<b>Statica</b>	1.34 > 1.00	1.474 > 1.10
<b>Sismica</b>	1.254 > 1.00	1.379 > 1.10

*Risultati delle verifiche GEO – Stabilità globale (A2+M2+R2) PED*

Tali coefficienti di sicurezza ottenuti, desunti dalle verifiche, sono analoghi a quelli dell'opera di sostegno con la geometria prevista in PEA, riportati nella seguente tabella ( crf. Elab. di PEA PE0S41RC01\_30\_4137) :

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

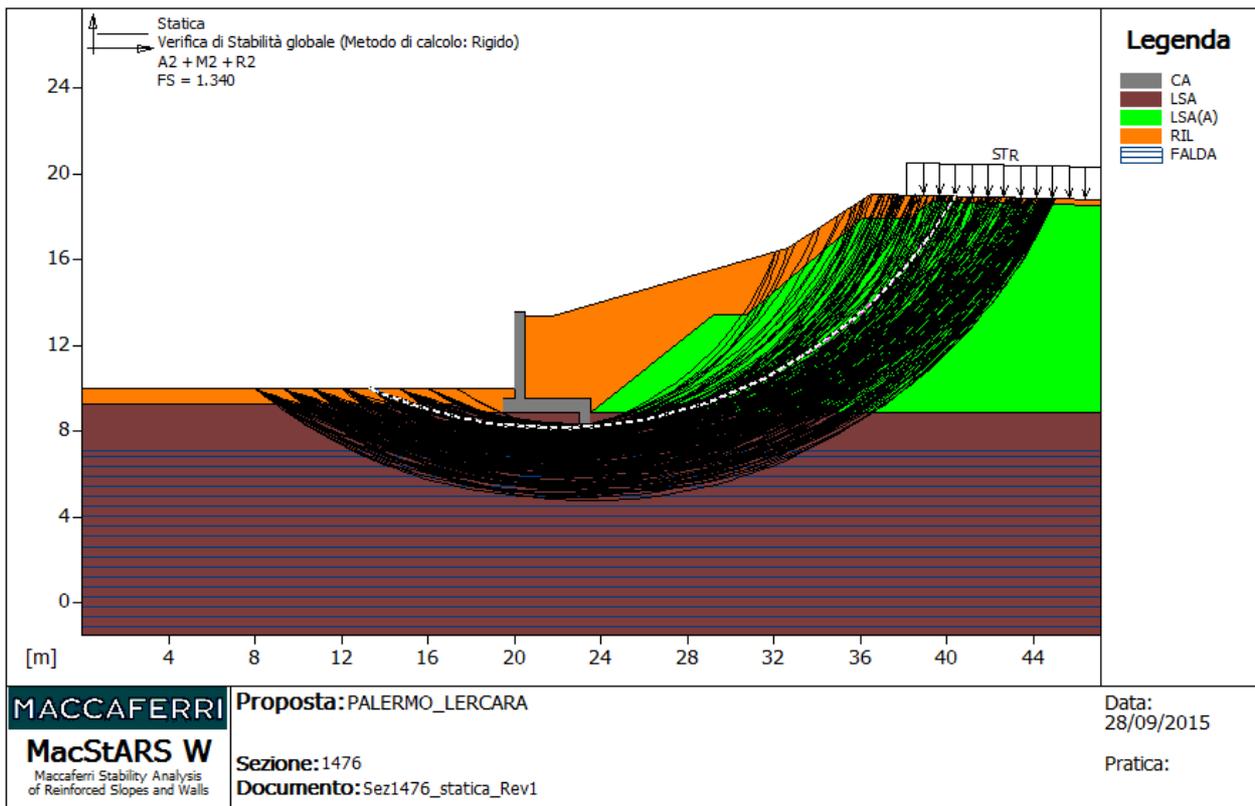
Tipo di verifica	Fs ( non fattorizzato)
Statica	1.482 > 1.100
Sismica	1.396 > 1.100

Risultati delle verifiche GEO – Stabilità globale (A2+M2+R2) di PEA

Dal confronto delle tabelle soprariportate, si evince che i coefficienti di sicurezza ottenuti in PED, sia in condizioni statiche che sismiche, sono del tutto equivalenti a quelli di PEA.

Nelle figure seguenti sono rappresentate le sezioni di calcolo prese in considerazione ed i risultati ottenuti in termini di superfici di rottura, mentre in allegato alla presente relazione si riportano i file di input e output del programma di calcolo adottato Macstars 4.0.

### 10.13.1 Stabilità globale – Condizioni statiche



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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

### Verifica di stabilità globale: Statica

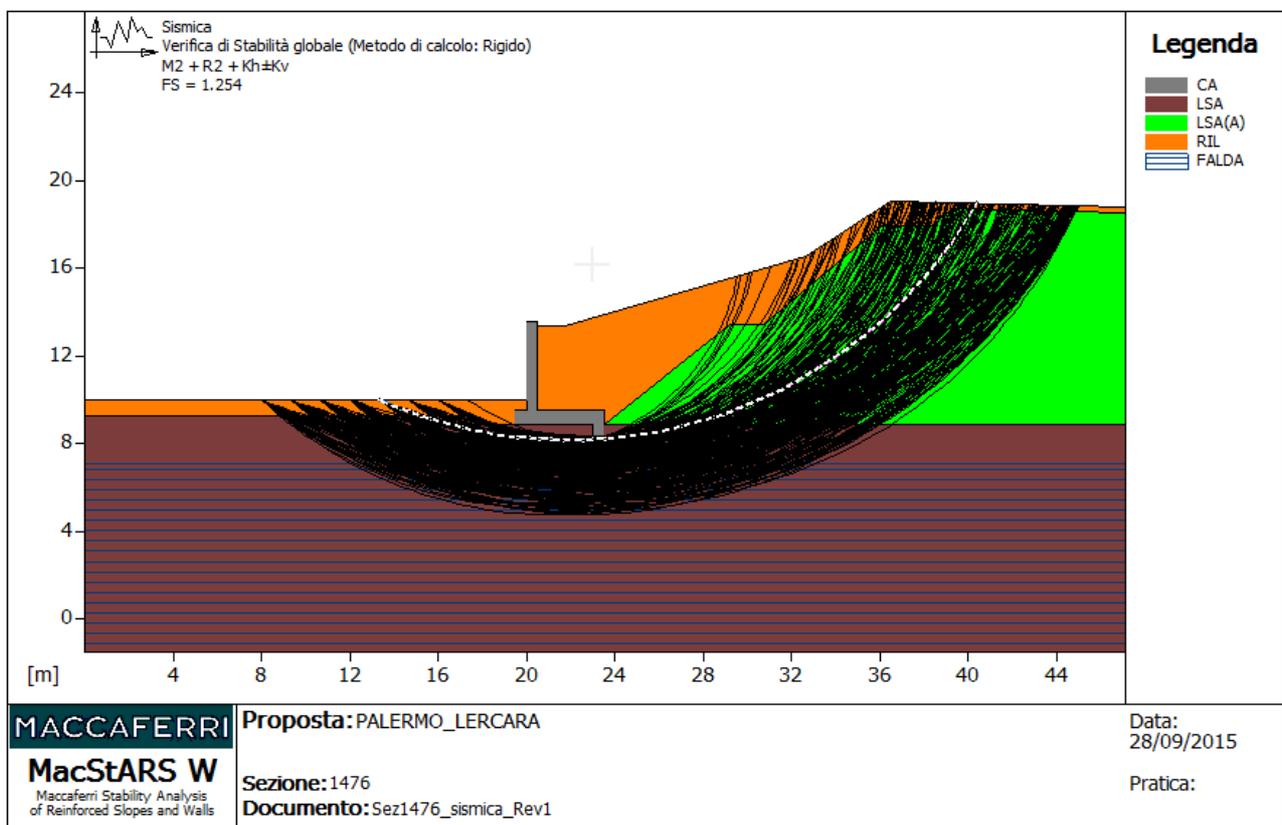
Combinazione di carico: A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato 1.340 > 1.0 (già fattorizzato per R2=1,1)

### 10.13.2 Stabilità globale – Condizioni sismiche



### Verifica di stabilità globale: A2\_M2\_R2 Sismica

Combinazione di carico: M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato: 1.254 > 1.0 (già fattorizzato per R2=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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

### 10.13.3 Stima dei cedimenti

Con riferimento alla trattazione teorica riportata al par. 9.2.1 , di seguito si riportano i risultati analitici del calcolo, discretizzando la fondazione come una sezione rettangolare di lati 20.0 x 4.0 m, soggetta ad una pressione di contatto agli SLE , ottenuta in precedenza e pari a 110 kPa.

### CALCOLO CEDIMENTO TOTALE

Coefficiente di Frolich = 4  
 S'z a quota piano di posa = 0 kPa  
 Profondita' falda = 0 m  
 Coefficiente di Poisson = .25

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m3	G eff kN/m3	N dv
1	.0	3.5	30000.	30000.	20.0	10.0	7
2	3.5	7.0	40000.	40000.	20.0	10.0	7
3	7.0	10.0	50000.	50000.	20.0	10.0	6
4	10.0	30.0	80000.	80000.	20.5	10.5	40

S'z = tensione verticale efficace litostatica  
 Z in = profondita' inizio strato  
 Z fin = profondita' fine strato  
 E in = modulo elastico inizio strato  
 E fin = modulo elastico fine strato  
 G nat = peso di volume naturale  
 G eff = peso di volume efficace  
 N dv = numero suddivisioni dello strato

Caratteristiche delle aree di carico

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico MN
1	110.0	10.00	2.00	20.00	4.00	8.800
Carico totale =						8.800 MN

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_TOTALI  
NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = 10.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	55.0	27.4	27.3	.3	30000.
.8	55.0	26.9	26.1	.8	30000.
1.3	54.8	26.0	23.9	1.3	30000.
1.8	54.4	24.7	21.1	1.8	30000.
2.3	53.7	23.2	18.2	2.3	30000.
2.8	52.5	21.5	15.4	2.8	30000.
3.3	51.1	19.8	12.8	3.3	30000.
3.8	49.4	18.1	10.6	3.8	40000.
4.3	47.5	16.5	8.8	4.3	40000.
4.8	45.5	15.0	7.3	4.8	40000.
5.3	43.4	13.6	6.0	5.3	40000.
5.8	41.4	12.2	5.0	5.8	40000.
6.3	39.4	11.0	4.2	6.3	40000.
6.8	37.5	9.9	3.5	6.8	40000.
7.3	35.6	8.9	3.0	7.3	50000.
7.8	33.8	8.0	2.5	7.8	50000.
8.3	32.1	7.2	2.2	8.3	50000.
8.8	30.5	6.5	1.9	8.8	50000.
9.3	29.0	5.8	1.6	9.3	50000.
9.8	27.6	5.2	1.4	9.8	50000.
10.3	26.2	4.7	1.2	10.3	80000.
10.8	24.9	4.2	1.0	10.8	80000.
11.3	23.7	3.8	.9	11.3	80000.
11.8	22.6	3.4	.8	11.8	80000.
12.3	21.5	3.1	.7	12.4	80000.
12.8	20.5	2.8	.6	12.9	80000.
13.3	19.5	2.5	.6	13.4	80000.
13.8	18.6	2.3	.5	13.9	80000.
14.3	17.8	2.1	.4	14.5	80000.
14.8	17.0	1.9	.4	15.0	80000.
15.3	16.3	1.7	.4	15.5	80000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
S'z = tensione verticale efficace litostatica

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_TOTALI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = 10.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	11.4			
.5	10.7	.0	.5	.7
1.0	10.1	.5	1.0	.7
1.5	9.3	1.0	1.5	.7
2.0	8.6	1.5	2.0	.7
2.5	7.9	2.0	2.5	.7
3.0	7.2	2.5	3.0	.7
3.5	6.5	3.0	3.5	.7
4.0	5.9	3.5	4.0	.5
4.5	5.4	4.0	4.5	.5
5.0	4.9	4.5	5.0	.5
5.5	4.5	5.0	5.5	.5
6.0	4.0	5.5	6.0	.5
6.5	3.5	6.0	6.5	.4
7.0	3.1	6.5	7.0	.4
7.5	2.8	7.0	7.5	.3
8.0	2.5	7.5	8.0	.3
8.5	2.2	8.0	8.5	.3
9.0	1.9	8.5	9.0	.3
9.5	1.6	9.0	9.5	.3
10.0	1.4	9.5	10.0	.3
10.5	1.2	10.0	10.5	.2
11.0	1.1	10.5	11.0	.1
11.5	.9	11.0	11.5	.1
12.0	.8	11.5	12.0	.1
12.5	.7	12.0	12.5	.1
13.0	.5	12.5	13.0	.1
13.5	.4	13.0	13.5	.1
14.0	.3	13.5	14.0	.1
14.5	.2	14.0	14.5	.1
15.0	.1	14.5	15.0	.1
15.5	.0	15.0	15.5	.1

Cedimento totale = 11.4 mm

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_TOTALI  
NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 10.00 m Y = 2.00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	110.0	54.6	53.7	.3	30000.
.8	109.3	51.4	45.1	.8	30000.
1.3	106.4	46.4	33.5	1.3	30000.
1.8	100.7	40.9	23.4	1.8	30000.
2.3	93.5	35.7	16.1	2.3	30000.
2.8	85.8	31.1	11.2	2.8	30000.
3.3	78.5	27.2	7.9	3.3	30000.
3.8	71.8	23.9	5.7	3.8	40000.
4.3	65.8	21.0	4.2	4.3	40000.
4.8	60.5	18.5	3.2	4.8	40000.
5.3	55.8	16.3	2.5	5.3	40000.
5.8	51.6	14.4	1.9	5.8	40000.
6.3	47.9	12.8	1.5	6.3	40000.
6.8	44.6	11.3	1.2	6.8	40000.
7.3	41.6	10.1	1.0	7.3	50000.
7.8	38.9	8.9	.8	7.8	50000.
8.3	36.5	8.0	.7	8.3	50000.
8.8	34.3	7.1	.6	8.8	50000.
9.3	32.2	6.3	.5	9.3	50000.
9.8	30.4	5.7	.4	9.8	50000.
10.3	28.6	5.1	.4	10.3	80000.
10.8	27.1	4.5	.3	10.8	80000.
11.3	25.6	4.1	.3	11.3	80000.
11.8	24.2	3.7	.2	11.8	80000.
12.3	23.0	3.3	.2	12.4	80000.
12.8	21.8	3.0	.2	12.9	80000.
13.3	20.7	2.7	.2	13.4	80000.
13.8	19.7	2.4	.1	13.9	80000.
14.3	18.7	2.2	.1	14.5	80000.
14.8	17.8	2.0	.1	15.0	80000.
15.3	17.0	1.8	.1	15.5	80000.
15.8	16.2	1.6	.1	16.0	80000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
S'z = tensione verticale efficace litostatica

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_TOTALI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 10.00 m Y = 2.00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	17.5			
.5	16.1	.0	.5	1.4
1.0	14.7	.5	1.0	1.4
1.5	13.3	1.0	1.5	1.4
2.0	11.9	1.5	2.0	1.4
2.5	10.5	2.0	2.5	1.3
3.0	9.3	2.5	3.0	1.3
3.5	8.1	3.0	3.5	1.2
4.0	7.3	3.5	4.0	.8
4.5	6.6	4.0	4.5	.7
5.0	5.9	4.5	5.0	.7
5.5	5.2	5.0	5.5	.6
6.0	4.7	5.5	6.0	.6
6.5	4.1	6.0	6.5	.6
7.0	3.6	6.5	7.0	.5
7.5	3.2	7.0	7.5	.4
8.0	2.8	7.5	8.0	.4
8.5	2.5	8.0	8.5	.3
9.0	2.2	8.5	9.0	.3
9.5	1.9	9.0	9.5	.3
10.0	1.6	9.5	10.0	.3
10.5	1.4	10.0	10.5	.2
11.0	1.2	10.5	11.0	.2
11.5	1.1	11.0	11.5	.2
12.0	.9	11.5	12.0	.1
12.5	.8	12.0	12.5	.1
13.0	.7	12.5	13.0	.1
13.5	.5	13.0	13.5	.1
14.0	.4	13.5	14.0	.1
14.5	.3	14.0	14.5	.1
15.0	.2	14.5	15.0	.1
15.5	.1	15.0	15.5	.1
16.0	.0	15.5	16.0	.1

Cedimento totale = 17.5 mm

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_TOTALI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 10.00 m Y = 4.00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	55.0	27.4	27.3	.3	30000.
.8	55.0	26.9	26.1	.8	30000.
1.3	54.8	26.0	23.9	1.3	30000.
1.8	54.4	24.7	21.1	1.8	30000.
2.3	53.7	23.2	18.2	2.3	30000.
2.8	52.5	21.5	15.4	2.8	30000.
3.3	51.1	19.8	12.8	3.3	30000.
3.8	49.4	18.1	10.6	3.8	40000.
4.3	47.5	16.5	8.8	4.3	40000.
4.8	45.5	15.0	7.3	4.8	40000.
5.3	43.4	13.6	6.0	5.3	40000.
5.8	41.4	12.2	5.0	5.8	40000.
6.3	39.4	11.0	4.2	6.3	40000.
6.8	37.5	9.9	3.5	6.8	40000.
7.3	35.6	8.9	3.0	7.3	50000.
7.8	33.8	8.0	2.5	7.8	50000.
8.3	32.1	7.2	2.2	8.3	50000.
8.8	30.5	6.5	1.9	8.8	50000.
9.3	29.0	5.8	1.6	9.3	50000.
9.8	27.6	5.2	1.4	9.8	50000.
10.3	26.2	4.7	1.2	10.3	80000.
10.8	24.9	4.2	1.0	10.8	80000.
11.3	23.7	3.8	.9	11.3	80000.
11.8	22.6	3.4	.8	11.8	80000.
12.3	21.5	3.1	.7	12.4	80000.
12.8	20.5	2.8	.6	12.9	80000.
13.3	19.5	2.5	.6	13.4	80000.
13.8	18.6	2.3	.5	13.9	80000.
14.3	17.8	2.1	.4	14.5	80000.
14.8	17.0	1.9	.4	15.0	80000.
15.3	16.3	1.7	.4	15.5	80000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
 S'z = tensione verticale efficace litostatica

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_TOTALI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 10.00 m Y = 4.00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	11.4			
.5	10.7	.0	.5	.7
1.0	10.1	.5	1.0	.7
1.5	9.3	1.0	1.5	.7
2.0	8.6	1.5	2.0	.7
2.5	7.9	2.0	2.5	.7
3.0	7.2	2.5	3.0	.7
3.5	6.5	3.0	3.5	.7
4.0	5.9	3.5	4.0	.5
4.5	5.4	4.0	4.5	.5
5.0	4.9	4.5	5.0	.5
5.5	4.5	5.0	5.5	.5
6.0	4.0	5.5	6.0	.5
6.5	3.5	6.0	6.5	.4
7.0	3.1	6.5	7.0	.4
7.5	2.8	7.0	7.5	.3
8.0	2.5	7.5	8.0	.3
8.5	2.2	8.0	8.5	.3
9.0	1.9	8.5	9.0	.3
9.5	1.6	9.0	9.5	.3
10.0	1.4	9.5	10.0	.3
10.5	1.2	10.0	10.5	.2
11.0	1.1	10.5	11.0	.1
11.5	.9	11.0	11.5	.1
12.0	.8	11.5	12.0	.1
12.5	.7	12.0	12.5	.1
13.0	.5	12.5	13.0	.1
13.5	.4	13.0	13.5	.1
14.0	.3	13.5	14.0	.1
14.5	.2	14.0	14.5	.1
15.0	.1	14.5	15.0	.1
15.5	.0	15.0	15.5	.1

Cedimento totale = 11.4 mm

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_TOTALI  
NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

Tabella riassuntiva dei cedimenti a piano campagna

n.	X m	Y m	Cedim. mm
1	10.00	.00	11.4
2	10.00	2.00	17.5
3	10.00	4.00	11.4

### CALCOLO CEDIMENTO IMMEDIATO

Coefficiente di Frolich = 4  
S'z a quota piano di posa = .0 kPa  
Profondita' falda = .0 m  
Coefficiente di Poisson = .25

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m3	G eff kN/m3	N dv
1	.0	3.5	75000.	75000.	20.0	10.0	7
2	3.5	7.0	100000.	100000.	20.0	10.0	7
3	7.0	10.0	125000.	125000.	20.0	10.0	6
4	10.0	30.0	200000.	200000.	20.5	10.5	40

S'z = tensione verticale efficace litostatica  
Z in = profondita' inizio strato  
Z fin = profondita' fine strato  
E in = modulo elastico inizio strato  
E fin = modulo elastico fine strato  
G nat = peso di volume naturale  
G eff = peso di volume efficace  
N dv = numero suddivisioni dello strato

Caratteristiche delle aree di carico

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico MN
1	110.0	10.00	2.00	20.00	4.00	8.800
Carico totale =						8.800 MN

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_IMMEDIATI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = 10.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	55.0	27.4	27.3	.3	75000.
.8	55.0	26.9	26.1	.8	75000.
1.3	54.8	26.0	23.9	1.3	75000.
1.8	54.4	24.7	21.1	1.8	75000.
2.3	53.7	23.2	18.2	2.3	75000.
2.8	52.5	21.5	15.4	2.8	75000.
3.3	51.1	19.8	12.8	3.3	75000.
3.8	49.4	18.1	10.6	3.8	100000.
4.3	47.5	16.5	8.8	4.3	100000.
4.8	45.5	15.0	7.3	4.8	100000.
5.3	43.4	13.6	6.0	5.3	100000.
5.8	41.4	12.2	5.0	5.8	100000.
6.3	39.4	11.0	4.2	6.3	100000.
6.8	37.5	9.9	3.5	6.8	100000.
7.3	35.6	8.9	3.0	7.3	125000.
7.8	33.8	8.0	2.5	7.8	125000.
8.3	32.1	7.2	2.2	8.3	125000.
8.8	30.5	6.5	1.9	8.8	125000.
9.3	29.0	5.8	1.6	9.3	125000.
9.8	27.6	5.2	1.4	9.8	125000.
10.3	26.2	4.7	1.2	10.3	200000.
10.8	24.9	4.2	1.0	10.8	200000.
11.3	23.7	3.8	.9	11.3	200000.
11.8	22.6	3.4	.8	11.8	200000.
12.3	21.5	3.1	.7	12.4	200000.
12.8	20.5	2.8	.6	12.9	200000.
13.3	19.5	2.5	.6	13.4	200000.
13.8	18.6	2.3	.5	13.9	200000.
14.3	17.8	2.1	.4	14.5	200000.
14.8	17.0	1.9	.4	15.0	200000.
15.3	16.3	1.7	.4	15.5	200000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
 S'z = tensione verticale efficace litostatica

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_IMMEDIATI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = 10.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	4.6			
.5	4.3	.0	.5	.3
1.0	4.0	.5	1.0	.3
1.5	3.7	1.0	1.5	.3
2.0	3.5	1.5	2.0	.3
2.5	3.2	2.0	2.5	.3
3.0	2.9	2.5	3.0	.3
3.5	2.6	3.0	3.5	.3
4.0	2.4	3.5	4.0	.2
4.5	2.2	4.0	4.5	.2
5.0	2.0	4.5	5.0	.2
5.5	1.8	5.0	5.5	.2
6.0	1.6	5.5	6.0	.2
6.5	1.4	6.0	6.5	.2
7.0	1.2	6.5	7.0	.2
7.5	1.1	7.0	7.5	.1
8.0	1.0	7.5	8.0	.1
8.5	.9	8.0	8.5	.1
9.0	.8	8.5	9.0	.1
9.5	.7	9.0	9.5	.1
10.0	.5	9.5	10.0	.1
10.5	.5	10.0	10.5	.1
11.0	.4	10.5	11.0	.1
11.5	.4	11.0	11.5	.1
12.0	.3	11.5	12.0	.1
12.5	.3	12.0	12.5	.1
13.0	.2	12.5	13.0	.0
13.5	.2	13.0	13.5	.0
14.0	.1	13.5	14.0	.0
14.5	.1	14.0	14.5	.0
15.0	.0	14.5	15.0	.0
15.5	.0	15.0	15.5	.0

Cedimento totale = 4.6 mm

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_IMMEDIATI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 10.00 m Y = 2.00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	110.0	54.6	53.7	.3	75000.
.8	109.3	51.4	45.1	.8	75000.
1.3	106.4	46.4	33.5	1.3	75000.
1.8	100.7	40.9	23.4	1.8	75000.
2.3	93.5	35.7	16.1	2.3	75000.
2.8	85.8	31.1	11.2	2.8	75000.
3.3	78.5	27.2	7.9	3.3	75000.
3.8	71.8	23.9	5.7	3.8	100000.
4.3	65.8	21.0	4.2	4.3	100000.
4.8	60.5	18.5	3.2	4.8	100000.
5.3	55.8	16.3	2.5	5.3	100000.
5.8	51.6	14.4	1.9	5.8	100000.
6.3	47.9	12.8	1.5	6.3	100000.
6.8	44.6	11.3	1.2	6.8	100000.
7.3	41.6	10.1	1.0	7.3	125000.
7.8	38.9	8.9	.8	7.8	125000.
8.3	36.5	8.0	.7	8.3	125000.
8.8	34.3	7.1	.6	8.8	125000.
9.3	32.2	6.3	.5	9.3	125000.
9.8	30.4	5.7	.4	9.8	125000.
10.3	28.6	5.1	.4	10.3	200000.
10.8	27.1	4.5	.3	10.8	200000.
11.3	25.6	4.1	.3	11.3	200000.
11.8	24.2	3.7	.2	11.8	200000.
12.3	23.0	3.3	.2	12.4	200000.
12.8	21.8	3.0	.2	12.9	200000.
13.3	20.7	2.7	.2	13.4	200000.
13.8	19.7	2.4	.1	13.9	200000.
14.3	18.7	2.2	.1	14.5	200000.
14.8	17.8	2.0	.1	15.0	200000.
15.3	17.0	1.8	.1	15.5	200000.
15.8	16.2	1.6	.1	16.0	200000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
 S'z = tensione verticale efficace litostatica

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_IMMEDIATI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 10.00 m Y = 2.00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	7.0			
.5	6.5	.0	.5	.6
1.0	5.9	.5	1.0	.6
1.5	5.3	1.0	1.5	.6
2.0	4.8	1.5	2.0	.6
2.5	4.2	2.0	2.5	.5
3.0	3.7	2.5	3.0	.5
3.5	3.2	3.0	3.5	.5
4.0	2.9	3.5	4.0	.3
4.5	2.6	4.0	4.5	.3
5.0	2.4	4.5	5.0	.3
5.5	2.1	5.0	5.5	.3
6.0	1.9	5.5	6.0	.2
6.5	1.6	6.0	6.5	.2
7.0	1.4	6.5	7.0	.2
7.5	1.3	7.0	7.5	.2
8.0	1.1	7.5	8.0	.1
8.5	1.0	8.0	8.5	.1
9.0	.9	8.5	9.0	.1
9.5	.7	9.0	9.5	.1
10.0	.6	9.5	10.0	.1
10.5	.6	10.0	10.5	.1
11.0	.5	10.5	11.0	.1
11.5	.4	11.0	11.5	.1
12.0	.4	11.5	12.0	.1
12.5	.3	12.0	12.5	.1
13.0	.3	12.5	13.0	.1
13.5	.2	13.0	13.5	.0
14.0	.2	13.5	14.0	.0
14.5	.1	14.0	14.5	.0
15.0	.1	14.5	15.0	.0
15.5	.0	15.0	15.5	.0
16.0	.0	15.5	16.0	.0

Cedimento totale = 7.0 mm

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_IMMEDIATI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 10.00 m Y = 4.00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	55.0	27.4	27.3	.3	75000.
.8	55.0	26.9	26.1	.8	75000.
1.3	54.8	26.0	23.9	1.3	75000.
1.8	54.4	24.7	21.1	1.8	75000.
2.3	53.7	23.2	18.2	2.3	75000.
2.8	52.5	21.5	15.4	2.8	75000.
3.3	51.1	19.8	12.8	3.3	75000.
3.8	49.4	18.1	10.6	3.8	100000.
4.3	47.5	16.5	8.8	4.3	100000.
4.8	45.5	15.0	7.3	4.8	100000.
5.3	43.4	13.6	6.0	5.3	100000.
5.8	41.4	12.2	5.0	5.8	100000.
6.3	39.4	11.0	4.2	6.3	100000.
6.8	37.5	9.9	3.5	6.8	100000.
7.3	35.6	8.9	3.0	7.3	125000.
7.8	33.8	8.0	2.5	7.8	125000.
8.3	32.1	7.2	2.2	8.3	125000.
8.8	30.5	6.5	1.9	8.8	125000.
9.3	29.0	5.8	1.6	9.3	125000.
9.8	27.6	5.2	1.4	9.8	125000.
10.3	26.2	4.7	1.2	10.3	200000.
10.8	24.9	4.2	1.0	10.8	200000.
11.3	23.7	3.8	.9	11.3	200000.
11.8	22.6	3.4	.8	11.8	200000.
12.3	21.5	3.1	.7	12.4	200000.
12.8	20.5	2.8	.6	12.9	200000.
13.3	19.5	2.5	.6	13.4	200000.
13.8	18.6	2.3	.5	13.9	200000.
14.3	17.8	2.1	.4	14.5	200000.
14.8	17.0	1.9	.4	15.0	200000.
15.3	16.3	1.7	.4	15.5	200000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi  
 S'z = tensione verticale efficace litostatica

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

OS41\_IMMEDIATI  
 NTIP=0 NBAN=0 PLON=0.0

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 10.00 m Y = 4.00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	4.6			
.5	4.3	.0	.5	.3
1.0	4.0	.5	1.0	.3
1.5	3.7	1.0	1.5	.3
2.0	3.5	1.5	2.0	.3
2.5	3.2	2.0	2.5	.3
3.0	2.9	2.5	3.0	.3
3.5	2.6	3.0	3.5	.3
4.0	2.4	3.5	4.0	.2
4.5	2.2	4.0	4.5	.2
5.0	2.0	4.5	5.0	.2
5.5	1.8	5.0	5.5	.2
6.0	1.6	5.5	6.0	.2
6.5	1.4	6.0	6.5	.2
7.0	1.2	6.5	7.0	.2
7.5	1.1	7.0	7.5	.1
8.0	1.0	7.5	8.0	.1
8.5	.9	8.0	8.5	.1
9.0	.8	8.5	9.0	.1
9.5	.7	9.0	9.5	.1
10.0	.5	9.5	10.0	.1
10.5	.5	10.0	10.5	.1
11.0	.4	10.5	11.0	.1
11.5	.4	11.0	11.5	.1
12.0	.3	11.5	12.0	.1
12.5	.3	12.0	12.5	.1
13.0	.2	12.5	13.0	.0
13.5	.2	13.0	13.5	.0
14.0	.1	13.5	14.0	.0
14.5	.1	14.0	14.5	.0
15.0	.0	14.5	15.0	.0
15.5	.0	15.0	15.5	.0

Cedimento totale = 4.6 mm

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

Tabella riassuntiva dei cedimenti a piano campagna

n.	X m	Y m	Cedim. mm
1	10.00	.00	4.6
2	10.00	2.00	7.0
3	10.00	4.00	4.6

Nella tabella seguente si riportano i risultati dell'analisi dei cedimenti, in particolare vengono indicati i valori dei cedimenti totali, immediati e quelli residui o di consolidazione per la sezione esaminata.

Cedimenti totali [mm]	Cedimenti immediati [mm]	Cedimenti di consolidazione [mm]
17.5	7.0	10.5

In conclusione, sulla base dei risultati ottenuti, si può affermare che l'entità dei cedimenti sono compatibili con la funzionalità in esercizio dell'opera

#### 10.13.4 Stima degli spostamenti orizzontali

Per la stima degli spostamenti in fondazione sono stati presi in considerazione i seguenti valori.

$\nu'$ [-]	0.30	Forza orizzontale agente $T_h$ [kN/m]
L/B [-]	0.25	
$\beta_x$ [-]	0.926	Spostamento orizzontale $e_h$ [mm]
$E'$ [MPa]	30.0	

#### 10.13.5 Stima della rotazione

Per la stima della rotazione in fondazione sono stati presi in considerazione i seguenti valori.

$\nu'$ [-]	0.30	Momento agente $M$ [kNm/m]
L/B [-]	0.26	
$I_\theta$ [-]	2.644	Rotazione $\theta$ [°]
$E'$ [MPa]	30.0	

$$\tan \theta = \frac{M \cdot (1 - \nu'^2)}{B^2 \cdot L \cdot E'} \cdot I_\theta$$

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

Gli spostamenti orizzontali totali in testa muro sono pari a circa 1.12 mm e risultano pertanto del tutto compatibili con i limiti progettuali ( $< H_{amm} = 0.005H_{tot} = 23.5 \text{ mm}$  con  $H_{tot}=4.70\text{m}$ ).

### 10.14 Risultati delle verifiche strutturali

Le verifiche strutturali di deformazione e fessurazione sono state svolte secondo il metodo degli stati limite facendo riferimento alle tensioni di progetto riportate nel capitolo 4.

Di seguito, per le sezioni esaminate, sono forniti i risultati delle analisi eseguite che indicano le armature necessarie da applicare al fine di garantire la stabilità strutturale dell'opera.

Le verifiche sono state condotte considerando un  $R_{ck}$  35 MPa sia in fondazione che elevazione.

L'armatura in fondazione è pari a 1+1Ø20/20" (principale) e 1+1Ø12/20" (secondaria).

L'armatura in elevazione è pari a 1+1Ø16/12.5" (principale) e 1+1Ø12/20" (secondaria).

#### 10.14.1 Verifica paramento verticale

#### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: OS41\_NEW

(Percorso File: E:\4539\_ASSISTENZA CANTIERE PALERMO - LERCARA\OS41\PED12° Versione\Verifica sez. C.A\OS41\_NEW.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	158.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	79.30 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	323080 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	27.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	168.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	126.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. a snerv. di calcolo fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	8Ø16	(16.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	cm

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
MT	Momento torcente [daN m]			

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	5100	14984	8331	0
2	5000	11728	7079	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

N°Comb.	N	Mx
1	5000	9047

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

N°Comb.	N	Mx
1	5000	9047 (14079)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

N°Comb.	N	Mx
1	5000	9047 (14079)

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.3 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 3.0 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 N ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 Yneuro Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
 Mx sn. Momento flettente allo snervamento [daNm]  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura per sole travi (N = 0)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
 As Tesa Area armature long. [cm²] in zona tesa per sole travi (l'area minima ex (4.1.43)NTC è indicata tra parentesi)

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	5100	14984	5088	28081	1.873	44.9	26711	---	---	---
2	S	5000	11728	5019	28067	2.390	44.9	26692	---	---	---

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.01108	50.0	0.00010	45.0	-0.02711	5.0
2	0.00350	-0.01109	50.0	0.00010	45.0	-0.02713	5.0

**ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE**

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 20.0 cm  
 N.Bracci staffe: 4  
 Area staffe/m : 22.6 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 2.9 cm²/m]

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO**

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
 Vsdu Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.  
 Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]  
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.19)NTC]  
 Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.18)NTC]  
 bw Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro  
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	Ast
--------	-----	------	-----	-----	-----	----	------	-----	-----

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

1	N	8331	20084	111460	89616	100.0	21.80	1.006	2.1
2	N	7079	20070	111446	89616	100.0	21.80	1.006	1.8

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> ]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> ]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [(daN/cm <sup>2</sup> ]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre >14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96])

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	33.3	50.0	0.0	37.0	-1228	45.0	16.2	1620	16.1	12.9

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScImax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]
ScImin	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]
K3	=0,125 per flessione; = 0,25 (ScImin + ScImax)/(2 ScImin) per trazione eccentrica
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Psi	= 1-Beta12*(Ssr/Ss) <sup>2</sup> = 1-Beta12*(fctm/ScImin) <sup>2</sup> = 1-Beta12*(Mfess/M) <sup>2</sup> [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es
srm	Distanza media in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	20.1	-17.7	---	0.125	1.00	0.400	0.000246 (0.000246)	190	0.079	14079

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	33.3	50.0	0.0	37.0	-1228	45.0	16.2	1620	16.1	12.9

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	20.1	-17.7	---	0.125	1.00	0.400	0.000246 (0.000246)	190	0.079 (0.30)	14079

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	33.3	50.0	0.0	37.0	-1228	45.0	16.2	1620	16.1	12.9

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	20.1	-17.7	---	0.125	0.50	0.400	0.000246 (0.000246)	190	0.079 (0.20)	14079

**10.14.2 Verifica fondazione**

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE: OS41\_FOND\_NEW**

(Percorso File: E:\4539\_ASSISTENZA CANTIERE PALERMO - LERCARA\OS41\PED2° Versione\Verifica sez. C.A\OS41\_FOND\_NEW.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	158.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	79.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	323080	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	27.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	140.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	140.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	112.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di calcolo fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>	

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0	cm
Altezza:	70.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20	(15.7 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø20	(15.7 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	cm

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

	N	Mx	Vy	MT
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	19998	8230	0
2	0	16592	5874	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

	N	Mx
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0	13563

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

	N	Mx
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0	13563 (25884)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

	N	Mx
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0	13563 (25884)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	20.5	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.8	cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata						
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)						
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico						
N ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)						
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico						
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)						
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000						
Yneutro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.						
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [daNm]						
x/d	Rapp. di duttilità a rottura per sole travi (N = 0)						
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]						
As Tesa	Area armature long. [cm²] in zona tesa per sole travi (l'area minima ex (4.1.43)NTC è indicata tra parentesi)						

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
--------	-----	---	----	-------	--------	----------	----	------	-----	--------	---------

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

1	S	0	19998	7	38745	1.937	65.1	37060	0.08	0.70	15.7 (10.4)
2	S	0	16592	7	38745	2.335	65.1	37060	0.08	0.70	15.7 (10.4)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.01784	70.0	-0.00006	65.0	-0.04274	5.0
2	0.00350	-0.01784	70.0	-0.00006	65.0	-0.04274	5.0

**ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE**

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm <sup>2</sup> /m]

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO**

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.19)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.18)NTC]
bw	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	ASt
1	S	8230	23336	159968	129446	100.0	21.80	1.000	1.4
2	S	5874	23336	159968	129446	100.0	21.80	1.000	1.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre > 14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96])

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	26.4	70.0	0.0	55.9	-1433	65.0	19.0	1900	15.7	22.5

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sclmax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Sclmin Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 K3 =0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica  
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1\*Beta2  
 Psi = 1-Beta12\*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12\*(fctm/Sclmin)² = 1-Beta12\*(Mfess/M)² [B.6.6 DM96]  
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es  
 srm Distanza media in mm tra le fessure  
 wk Apertura delle fessure in mm = 1,7\*Eps\*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
 M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	14.5	-14.5	---	0.125	1.00	0.400	0.000287 (0.000287)	246	0.120	25884

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	26.4	70.0	0.0	55.9	-1433	65.0	19.0	1900	15.7	22.5

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	14.5	-14.5	---	0.125	1.00	0.400	0.000287 (0.000287)	246	0.120 (0.20)	25884

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	26.4	70.0	0.0	55.9	-1433	65.0	19.0	1900	15.7	22.5

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	14.5	-14.5	---	0.125	0.50	0.400	0.000287 (0.000287)	246	0.120 (0.20)	25884

## 11 SCAVO PROVVISORIO - CRITERI DI VERIFICA E COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica sono stati eseguiti mediante il metodo degli "Stati Limite", verificando:

SLU di tipo geotecnico (GEO):

- Stabilità dello scavo

Le verifiche sono state effettuate con riferimento all'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2) delle NTC 2008.

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei criteri di verifica con riferimento alle sole condizioni statiche, essendo lo scavo provvisorio, non risulta necessario eseguire la verifica in condizioni sismiche.

### 11.1 Verifiche agli SLU

#### 11.1.1 Verifica di stabilità dello scavo (GEO)

Si fa ricorso ad un modello semplificato basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci). Pertanto il calcolo è stato condotto utilizzando i metodi dell'equilibrio limite, considerando forme di superfici di scivolamento compatibili con i cinematismi di rottura attesi.

Sono state analizzate tutte le possibili superfici di scivolamento in relazione alla geometria dello scavo. Come prescritto dalla normativa la verifica viene effettuata secondo la "Combinazione 2" (A2+M2+R2) condizioni statiche e considerando, trattandosi di uno scavo temporaneo a breve termine, per le unità LSA (a) e LSA una coesione efficace di  $c'=15$  kPa.

Per le verifiche si è utilizzato il programma Macstars 4.0 della Maccaferri e con particolare riferimento al metodo di Bishop semplificato.

Si precisa che il programma *Macstars W*, nelle verifiche di stabilità globale divide (fattorizza) automaticamente il coefficiente di sicurezza ottenuto dal calcolo, per il fattore di sicurezza previsto dalla normativa NTC 2008, R2 ( $\gamma_R$ )=1,1. Pertanto, ai fini del soddisfacimento della verifica prevista delle NTC 2008, il valore del suddetto coefficiente, direttamente espresso nelle verifiche e nei file di output del programma, deve essere confrontato con il valore limite di 1 e non di 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 DETTAGLIO

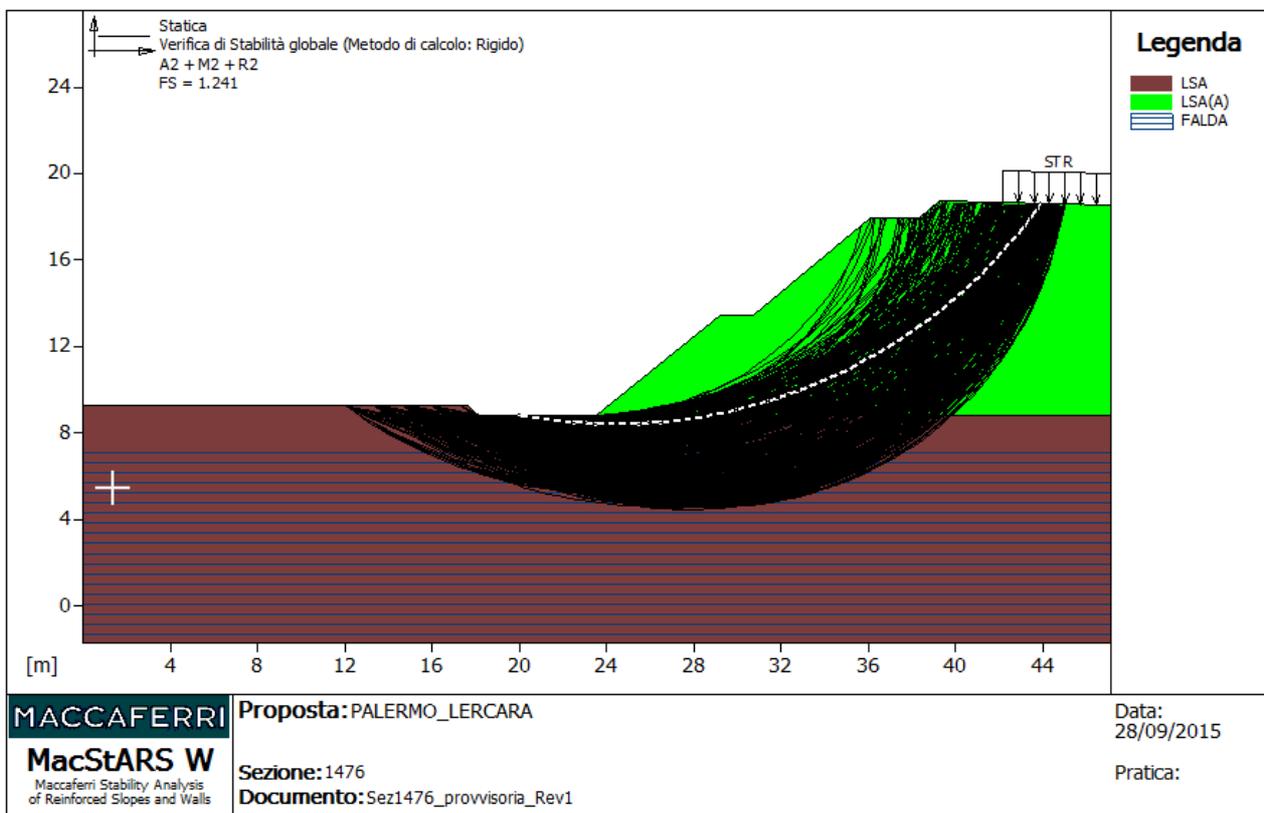
MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

Si vedano a tale proposito i file di input/output del modello di calcolo, riportati in allegato alla presente relazione, nei quali è esplicitamente riportato il valore del coefficiente parziale  $R2(\gamma_R)=1,1$

### 11.2 Scavo provvisoriale - Sezioni tipo e risultati di calcolo

La sezione di verifica è stata definita in base alle condizioni più severe in termini di altezza massima dello scavo. Nello specifico si è fatto riferimento alla seguente sezione di progetto:

- Sezione 1476 Prog. km 29+480.41.



#### Verifica di stabilità globale: A2\_M2\_R2 Scavi Provvisionali

Combinazione di carico: A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato .....: 1.241 (già fattorizzato per  $R2=1,1$ )

## 12 ALLEGATO 1 – VERIFICHE DI STABILITÀ – FILE DI INPUT ED OUTPUT DEL MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO

### File di input/output-Sez1476 statica

#### MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls

Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)

Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta.....: PALERMO\_LERCARA

Sezione.....: 1476

Località.....:

Pratica.....:

File.....: Sez1476\_statica\_Rev1

Data.....: 28/09/2015

Verifiche condotte in accordo alla normativa: Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008  
Verifiche nei confronti dello SLU

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

<b>Terreno : CA</b>	Descrizione :
Classe coesione.....	Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m <sup>2</sup> ]	10000.00
Classe d'attrito.....	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]	45.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	0.00
Classe di peso.....	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m <sup>3</sup> ]	25.00
Peso specifico in falda.....[kN/m <sup>3</sup> ]	25.00
Modulo elastico.....[kN/m <sup>2</sup> ]	0.00
Coefficiente di Poisson.....	0.30

<b>Terreno : LSA</b>	Descrizione : Limo Argilloso
Classe coesione.....	Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m <sup>2</sup> ]	10.00

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°].....	26.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....	20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....	20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30

**Terreno : LSA(A)**

Descrizione :

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	5.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°].....	26.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....	20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....	20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30

**Terreno : RIL**

Descrizione : Riempimento

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°].....	38.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....	20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....	20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

### PROFILI STRATIGRAFICI

**Strato: STR1**

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	19.50	10.00				

**Strato: STR2**

Descrizione:

Terreno : LSA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	9.30	17.65	9.30	18.12	8.84	19.50	8.84
23.00	8.84	23.01	8.34	23.50	8.34	23.51	8.84
47.14	8.84						

**Strato: STR3**

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
19.50	10.00	20.01	10.00				

**Strato: STR4**

Descrizione:

Terreno : CA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
19.50	9.54	20.00	9.54	20.01	13.54	20.50	13.54
20.51	9.54	23.50	9.54	23.51	8.84		

**Strato: STR5**

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
20.50	13.39	21.75	13.39	32.62	16.52	36.48	19.09
47.14	18.82						

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

**Strato: STR6**

Descrizione:

Terreno : LSA(A)

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
23.51	8.84	29.21	13.45	30.71	13.45	36.08	17.95
38.32	17.95	39.24	18.72	47.14	18.52		

**PROFILI FALDE FREATICHE**

**Falda: FALDA**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	7.10			47.14	7.10		

**CARICHI**

**Pressione : STR**

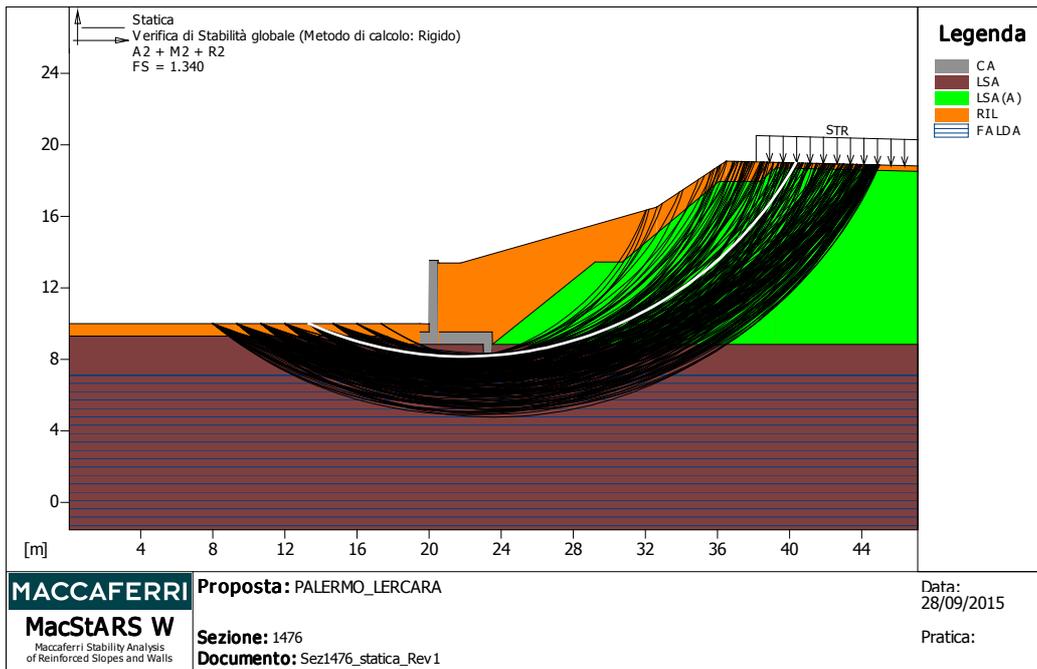
Descrizione : Stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>].. = 20.00      Inclinazione.....[°]... = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 38.14 To = 47.14

**VERIFICHE**



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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

### Verifica di stabilità globale : Statica

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.340

#### Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
8.00	20.00	24.00	45.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:			10
Numero totale superfici di prova.....:			2000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:			0.50
Angolo limite orario.....[°].....:			0.00
Angolo limite antiorario.....[°].....:			0.00

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità

### File di input/output-Sez1476 sismica

#### MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls

Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)

Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta.....: PALERMO\_LERCARA

Sezione.....: 1476

Località.....:

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

Pratica.....:

File.....: Sez1476\_sismica\_Rev1

Data.....: 28/09/2015

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

#### Terreno : CA

Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 10000.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 45.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 25.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 25.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

#### Terreno : LSA

Descrizione : Limo Argilloso

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 10.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 26.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

#### Terreno : LSA(A)

Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 5.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 26.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

Peso specifico sopra falda.....[kN/m <sup>3</sup> ]:	20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m <sup>3</sup> ]:	20.00
Modulo elastico.....[kN/m <sup>2</sup> ]:	0.00
Coefficiente di Poisson.....:	0.30

**Terreno : RIL**

Descrizione : Riempimento

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>]: 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°]: 38.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>]: 20.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>]: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>]: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**PROFILI STRATIGRAFICI**

**Strato: STR1**

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	19.50	10.00				

**Strato: STR2**

Descrizione:

Terreno : LSA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	9.30	17.65	9.30	18.12	8.84	19.50	8.84
23.00	8.84	23.01	8.34	23.50	8.34	23.51	8.84
47.14	8.84						

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

**Strato: STR3**

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
19.50	10.00	20.01	10.00				

**Strato: STR4**

Descrizione:

Terreno : CA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
19.50	9.54	20.00	9.54	20.01	13.54	20.50	13.54
20.51	9.54	23.50	9.54	23.51	8.84		

**Strato: STR5**

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
20.50	13.39	21.75	13.39	32.62	16.52	36.48	19.09
47.14	18.82						

**Strato: STR6**

Descrizione:

Terreno : LSA(A)

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
23.51	8.84	29.21	13.45	30.71	13.45	36.08	17.95
38.32	17.95	39.24	18.72	47.14	18.52		

**PROFILI FALDE FREATICHE**

**Falda: FALDA**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	7.10			47.14	7.10		

**CARICHI**

**Sisma :**

Classe : Sisma

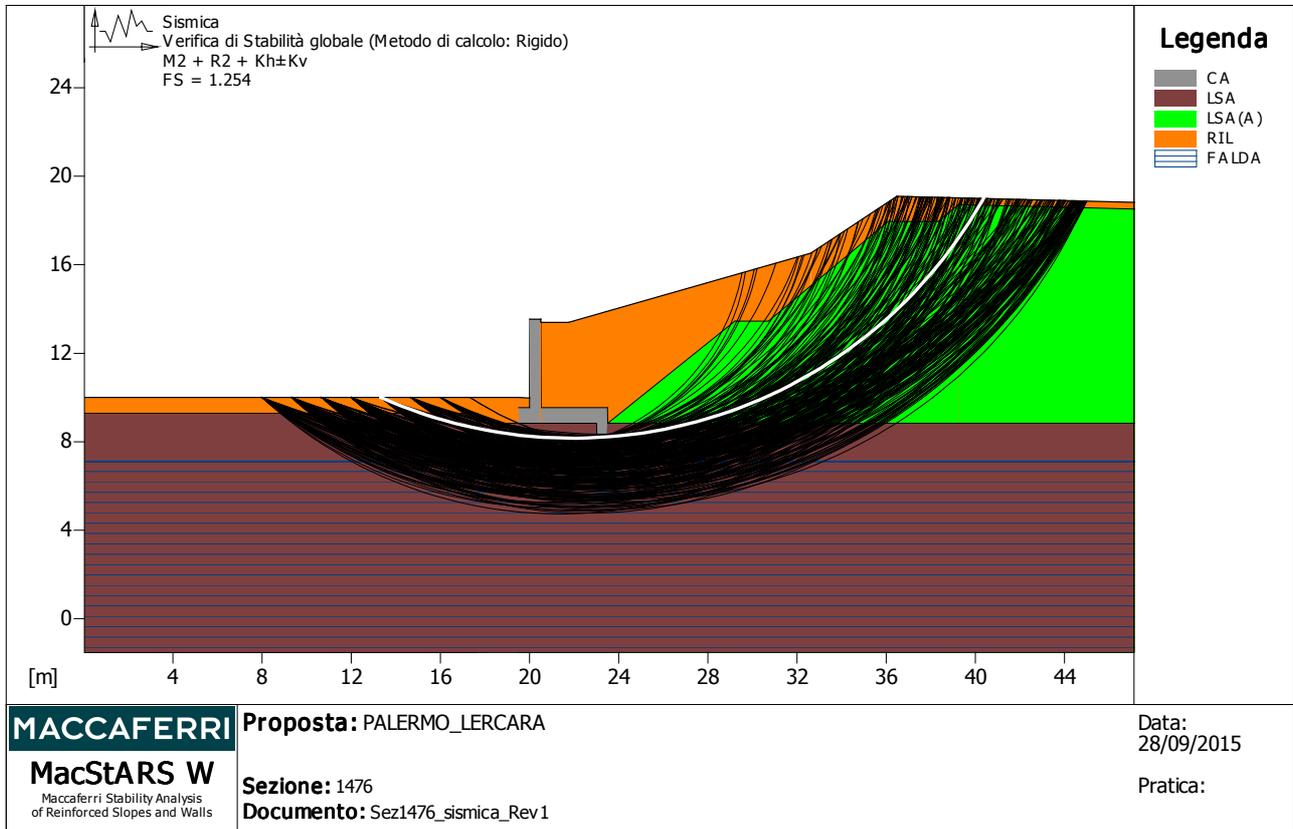
Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>].....: Orizzontale.....= 0.39 Verticale= 0.20

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

### VERIFICHE



#### Verifica di stabilità globale : Sismica

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.254

#### Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
8.00	20.00	24.00	45.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		10	
Numero totale superfici di prova.....:		2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

### **File di input/output-Sez1476 scavo provvisorio**

#### **MacStARS W – Rel. 4.0**

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls  
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)  
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta.....: PALERMO\_LERCARA

Sezione.....: 1476

Località.....:

Pratica.....:

File.....: Sez1476\_provvisoria\_Rev1

Data.....: 28/09/2015

Verifiche condotte in accordo alla normativa:      Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008  
Verifiche nei confronti dello SLU

### **CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

**Terreno : LSA**                                      Descrizione : Limo Argilloso  
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace  
Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....:      15.00  
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio  
Angolo d'attrito.....[°].....:      26.00  
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....:      0.00  
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole  
Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....:      20.00  
Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....:      20.00  
  
Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....:      0.00  
Coefficiente di Poisson.....:      0.30

**Terreno : LSA(A)**                                      Descrizione :  
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace  
Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....:      15.00  
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

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 DETTAGLIO**

**MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

Angolo d'attrito.....[°].....:	26.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....:	0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....[kN/m <sup>3</sup> ].....:	20.00
Peso specifico in falda.....[kN/m <sup>3</sup> ].....:	20.00
Modulo elastico.....[kN/m <sup>2</sup> ].....:	0.00
Coefficiente di Poisson.....:	0.30

**PROFILI STRATIGRAFICI**

**Strato: STR2**

Descrizione:

Terreno : LSA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	9.30	17.65	9.30	18.12	8.84	19.50	8.84
23.00	8.84	47.14	8.84				

**Strato: STR6**

Descrizione:

Terreno : LSA(A)

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
23.51	8.84	29.21	13.45	30.71	13.45	36.08	17.95
38.32	17.95	39.24	18.72	47.14	18.52		

**PROFILI FALDE FREATICHE**

**Falda: FALDA**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	7.10			47.14	7.10		

**CARICHI**

**Pressione : STR**

Descrizione : Stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>].. = 20.00      Inclinazione.....[°].. = 0.00

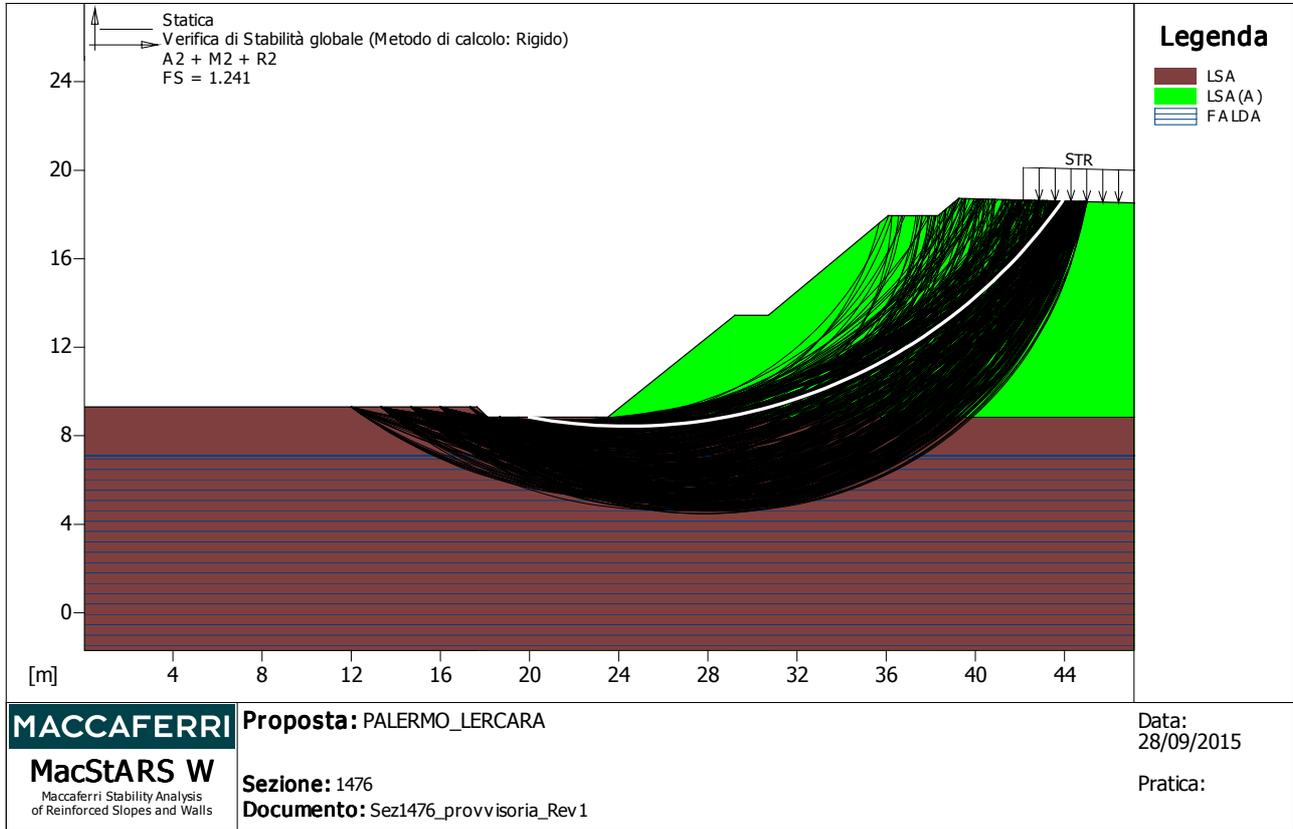
Ascissa.....[m] : Da = 42.14 To = 47.14

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 DETTAGLIO

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

**VERIFICHE**



**Verifica di stabilità globale : Statica**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.241

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
8.00	20.00	24.00	45.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		10	
Numero totale superfici di prova.....:		2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

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 DETTAGLIO

---

MURO DI SOSTEGNO DAL KM 29+410.09 AL KM 29+521.98 – RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità