



# 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.

## - PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:  
Dott. Maurizio D'Angelo



Titolo elaborato:

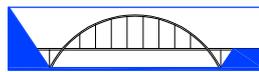
### OPERE D'ARTE NUOVI VIADOTTI - VIADOTTO BAUCINA Relazione opere provvisionali

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PV	V7	RE05	6	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:	
	PVV7RE05_60_4137	1=1	4 1 3 7	-	
5					
4					
3					
2					
1					
0	Prima emissione		Maggio 2021	F.Bianchi S. Fortino N. Behaman	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettisti :



**ENSER** srl  
SOCIETA' DI INGEGNERIA

Viale Baccarini, 29 - 48018 FAENZA (RA) tel. 0546-663423  
Via Zacconi, 16 - 40127 BOLOGNA (BO) tel. 051-245663  
Via Andrea Costa, 115 - 47822 SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN) tel. 0541-1832933  
ingegneria@enser.it - www.enser.it - P.E.C.: ensersrl-ra@legalmail.it



Il Progettista Responsabile  
Prof. Ing. Gianfranco Marchi

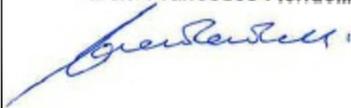


Il Geologo  
Dott. Stefano Ferro



Il Coordinatore per la Sicurezza  
in fase di esecuzione:  
Arch. Francesco Rondelli

Il Coordinatore per la  
Esecuzione dei Lavori  
arch. Francesco Rondelli



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. Luigi Mupo

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	1
1   PREMESSA.....	4
2   NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3   ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO.....	5
4   SIMBOLOGIA.....	5
5   MATERIALI.....	6
5.1   ACCIAIO.....	6
5.1.1   Acciaio per armatura strutture in c.a.....	6
5.2   CALCESTRUZZO.....	6
5.2.1   Calcestruzzo per pali.....	6
5.2.2   Calcestruzzo per cordolo sommitale.....	6
6   CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	7
6.1   PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	7
6.2   AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	7
7   DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	9
8   CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI.....	13
8.1   UNITA' STRATIGRAFICHE.....	13
8.2   SEZIONI STRATIGRAFICHE DI RIFERIMENTO.....	13
8.3   Falda di progetto.....	15
9   ANALISI E VERIFICA DELLA PARATIA.....	17
9.1   SISMA.....	17
9.2   APPROCCI PROGETTUALI E CRITERI DI VERIFICA.....	17
9.2.1   Combinazioni delle Azioni.....	17
9.3   METODOLOGIA DI CALCOLO.....	18
9.3.1   Plaxis. Metodologia e legami costitutivi dei materiali.....	19
9.3.2   Plaxis. Analisi in condizioni A1+M1.....	19
9.3.3   Sope/W. Analisi di stabilità globale all'equilibrio limite.....	19
9.4   SEZIONE DI CALCOLO IN CORRISPONDENZA DELLA PILA 3.....	20
9.4.1   Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati.....	20
9.4.2   Descrizione delle fasi di calcolo.....	22
9.4.3   Sintesi dei risultati per gli stati limite di esercizio (SLE).....	23
9.4.3.1   SLE, spostamenti.....	24
9.4.3.2   SLE, Sollecitazioni pali.....	24

9.4.4	Sintesi dei risultati per gli stati limite ultimi strutturali (STR).....	25
9.4.4.1	SLU/STR A1+M1+R3 - Sollecitazioni pali .....	25
9.4.5	Sintesi dei risultati per gli stati limite ultimi geotecnici (GEO).....	26
9.4.5.1	SLU/GEO A2+M2+R1 – Convergenza dei modelli.....	26
9.4.6	Verifiche agli SLU di tipo strutturale (STR).....	28
9.4.6.1	Pali, verifica a flessione .....	28
9.4.6.2	Pali, verifica a taglio.....	29
9.4.7	Verifiche agli SLE di tipo strutturale.....	29
9.4.8	Verifiche agli SLE in termini di spostamento.....	31
9.4.9	Verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO).....	31
9.4.10	Verifiche di stabilità globale (GEO_stab).....	31
9.4.11	Verifica del cordolo di coronamento dei pali.....	32
9.4.11.1	Determinazione delle sollecitazioni.....	32
9.4.11.2	Sollecitazioni per gli stati limite di esercizio (SLE).....	33
9.4.11.3	Sollecitazioni per gli stati limite ultimo (SLU-SLV).....	33
9.4.11.4	Verifica agli SLU: verifica a flessione .....	34
9.4.11.5	Verifica agli SLU: verifica a taglio .....	35
9.4.11.6	Verifica agli SLE .....	36
10	ANALISI E VERIFICA DEGLI SCAVI PROVVISORIALI.....	39
10.1	PROGRAMMA DI CALCOLO .....	39
10.1.1	Modulo “Slope/W” 2007 della Geo-Slope International (Canada).....	39
10.2	APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE .....	40
10.2.1	Carico accidentale .....	40
10.3	AZIONE SISMICA .....	40
10.4	CONDIZIONI DI ANALISI.....	40
10.5	SPALLA A – scavo provvisoriale .....	40
10.5.1	Descrizione del modello di calcolo .....	40
10.5.2	Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati.....	41
10.5.3	Risultati delle verifiche .....	41
10.6	PILA 1 – scavo provvisoriale .....	43
10.6.1	Descrizione del modello di calcolo .....	43
10.6.2	Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati.....	43
10.6.3	Risultati delle verifiche .....	44
10.7	PILA 2 – scavo provvisoriale .....	45
10.7.1	Descrizione del modello di calcolo .....	45

10.7.2	Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati.....	45
10.7.3	Risultati delle verifiche .....	46
10.8	PILA 4 – scavo provvisoria .....	47
10.8.1	Descrizione del modello di calcolo .....	47
10.8.2	Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati.....	47
10.8.3	Risultati delle verifiche .....	48
10.9	SPALLA B – scavo provvisoria .....	49
10.9.1	Descrizione del modello di calcolo .....	49
10.9.2	Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati.....	49
10.9.3	Risultati delle verifiche .....	50
11	APPENDICE 1: report verifiche di stabilità.....	51
11.1	SPALLA A - Report di verifica di Figura 24 .....	51
11.2	PILA 1 - Report di verifica di Figura 26 .....	54
11.3	PILA 2 - Report di verifica di Figura 28 .....	58
11.4	PILA 4 - Report di verifica di Figura 30.....	62
11.5	SPALLA B - Report di verifica di Figura 30.....	65

## 1 PREMESSA

Nell’ambito delle attività prevista per la progettazione del Viadotto Baucina (Figura 1), la presente relazione illustra i criteri di dimensionamento adottati e i risultati delle verifiche effettuate per la progettazione degli scavi provvisionali e delle opere provvisionali necessari per il raggiungimento della quota di imposta delle fondazioni delle spalle e delle pile del Viadotto Baucina.



Figura 1: Area in cui ricade il nuovo viadotto V7. Immagine Google Earth 2016.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

---

- [1] L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [2] D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”.
- [3] Circ. Min. II.TT. 21/01/2019, n. 7, “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.
- [4] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998.

## 3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO

---

### ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

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

## 4 SIMBOLOGIA

---

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

- $\gamma$  = peso di volume del terreno;
- $c_u$  = coesione in condizioni non drenate;
- $\phi$  = angolo di resistenza al taglio in condizioni drenate;
- $c'$  = coesione in condizioni drenate;

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

## 5 MATERIALI

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

### 5.1 ACCIAIO

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

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

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

### 5.2 CALCESTRUZZO

#### 5.2.1 Calcestruzzo per pali

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

#### 5.2.2 Calcestruzzo per cordolo sommitale

Classe di resistenza:	C25/30
dimensione massima dell'inerte:	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
classe di esposizione:	XC2
classe di consistenza:	S4
copriferro minimo:	$c_{f,min} \geq 40 \text{ mm}$

## 6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

### 6.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

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

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

da cui 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

Il calcolo delle azioni sismiche, di seguito descritte, viene condotto nel rispetto delle "Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018" e s.m.i.

Le coordinate geografiche di riferimento (secondo sistema ED50) per l'opera in esame sono:

Longitudine:  $13^\circ.500633$   
Latitudine:  $37^\circ.920207$

Tabella 1: Parametri sismici per la definizione dello spettro di progetto

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0.061	2.365	0.262
SLD	101	0.078	2.374	0.276
SLV	949	0.187	2.476	0.318
SLC	1950	0.236	2.533	0.328

Per le analisi in condizioni sismiche è stato preso a riferimento lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e dunque i seguenti parametri:

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.187 g
$F_o$	2.476
$T_C^*$	0.318 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.383
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.147 s
$T_C$	0.440 s
$T_D$	2.348 s

Pertanto per le analisi in condizioni sismiche dell'opera in oggetto sono stati utilizzati i seguenti valori:

- categoria di sottosuolo: B
- Coefficiente topografico:  $S_t=1.00$
- fattore di sito:  $S_s = 1.200$ ;
- accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido:  $a_g = 0.187$  g;
- massima accelerazione su sottosuolo tipo B  $a_{max} = 0.224$  g.

## 7 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

---

Gli interventi provvisoria necessari per il raggiungimento della quota di imposta delle fondazioni delle spalle e delle pile sono riportati nel seguito. In particolare si prevede:

- **Spalla A:** per il raggiungimento della quota di imposta della fondazione (+396.96 m m.s.l.) si prevedono l'esecuzione di scavi con pendenza della scarpata 1/1. In particolare è necessario realizzare una banca di larghezza 2.0m a quota +399.96 m m.s.l. (Figura 2).
- **Pila 1:** per il raggiungimento della quota di imposta della fondazione (+396.85 m m.s.l.) si prevedono l'esecuzione di scavi con pendenza della scarpata 1/1. In particolare è necessario realizzare una banca di larghezza 2.0m a quota +399.85 m m.s.l. (Figura 3).
- **Pila 2:** per il raggiungimento della quota di imposta della fondazione (+398.44 m m.s.l.) si prevedono l'esecuzione di scavi con pendenza della scarpata 1/2 fino al raggiungimento della banca intermedia posta a quota +399.94 m m.s.l. e di larghezza 2.0m. Si procede con scavi con pendenza 1/1 fino alla quota di posa della fondazione (Figura 4).
- **Pila 3:** per il raggiungimento della quota di imposta della fondazione (+387.66 m m.s.l.) si prevede la realizzazione di una paratia costituita da una fila di pali  $\Phi 800$  in c.a. di lunghezza 15.0m, disposti ad interasse 1.20m. I pali sono collegati in sommità da una trave in c.a. a sezione quadrata 1.0mx1.0m. Lato scavo si prevede di realizzare una scarpata con pendenza 1/1 con banca di larghezza 2.0m a quota +390.66 m m.s.l. (Figura 5).
- **Pila 4:** per il raggiungimento della quota di imposta della fondazione (+386.02 m m.s.l.) si prevedono l'esecuzione di scavi con pendenza della scarpata 1/2 (Figura 6).
- **Spalla B:** per il raggiungimento della quota di imposta della fondazione (+390.72 m m.s.l.) si prevedono l'esecuzione di scavi con pendenza della scarpata 1/2 fino al raggiungimento della banca intermedia posta a quota +392.22 m m.s.l. e di larghezza 2.0m. Si procede con scavi con pendenza 1/1 fino alla quota di posa della fondazione (Figura 7).

Al fine di proteggere gli scavi si prevede la posa in opera di teli impermeabili.

## SpA

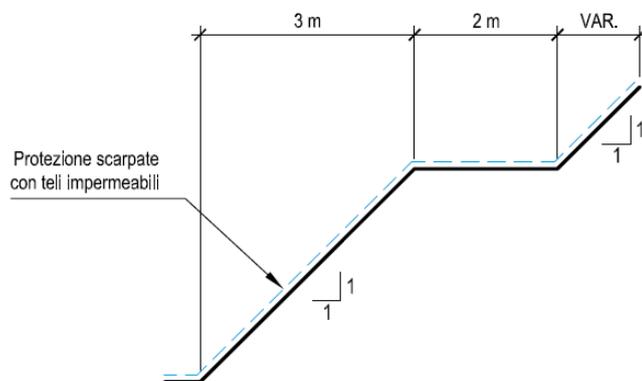


Figura 2: Scavi provvisionali – Spalla A.

## P1

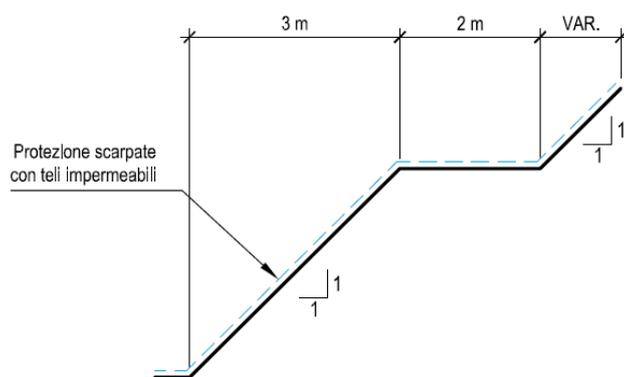


Figura 3: Scavi provvisionali – Pila 1.

## P2

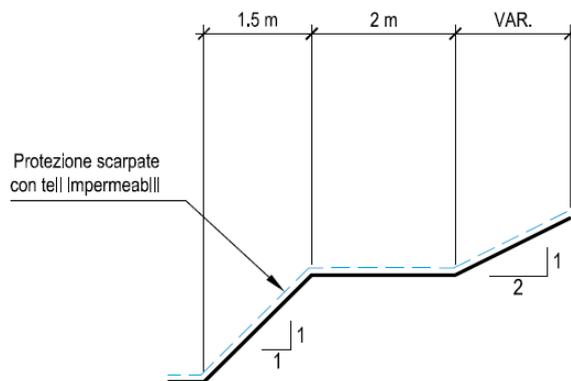
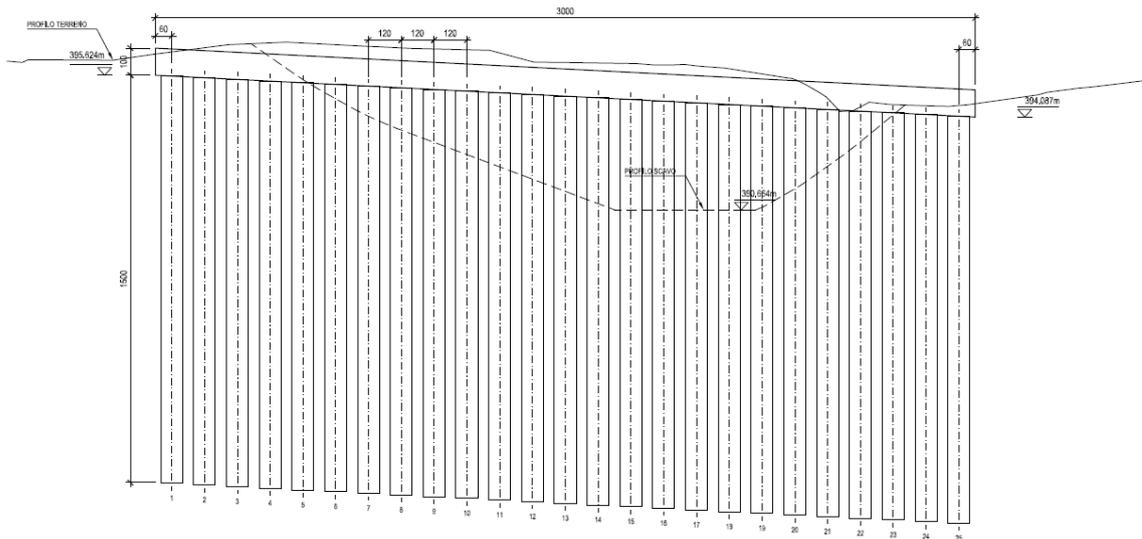


Figura 4: Scavi provvisionali – Pila 2.

### PROFILO BERLINESE DI PALI

SCALA 1:100



## P3

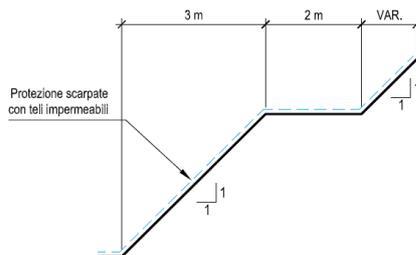


Figura 5: Paratia provvisoria – Pila 3.

## P4

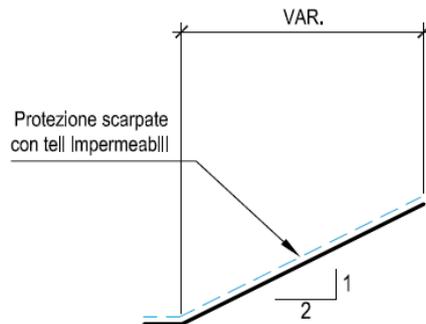


Figura 6: Scavi provvisionali – Pila 4.

## SpB

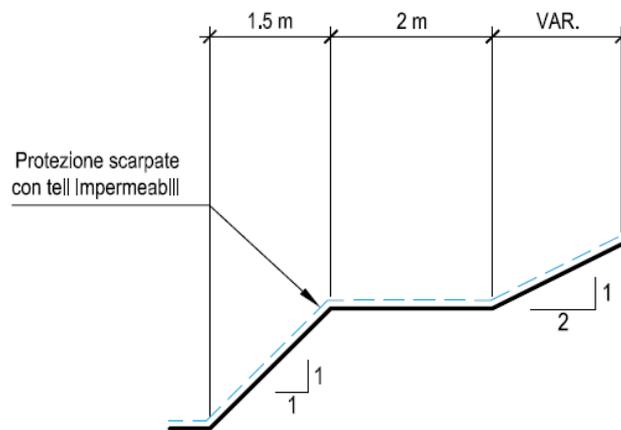


Figura 7: Scavi provvisionali – Spalla B.

## 8 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI

### 8.1 UNITA' STRATIGRAFICHE

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

- **Unità LSA(a-2):** coltre eluvio-colluviale di bassa consistenza ( $900 \text{ kPa} < q_c \leq 1800 \text{ kPa}$ ) costituita prevalentemente da limi e argille.
- **Depositi alluvionali di conoide (DAF):** alternanze di sabbie limose e argille limose con intercalazioni di ghiaia subarrotondata, sovrastanti la locale formazione di substrato
- **Unità LSA:** Limi sabbiosi argillosi moderatamente consistenti ( $1800 \text{ kPa} < q_c \leq 3000 \text{ kPa}$ ).
- **Unità AG:** Argille limose grigie. Si tratta di argille limose grigie a struttura scagliettata con inclusi elementi lapidei, da consistenti a molto consistenti ( $q_c > 3000 \text{ kPa}$ ), talvolta con intercalati livelli sabbiosi e/o livelli, strati di argilliti a consistenza pseudo-litoide.

In Tabella 2 si riportano i parametri geotecnici caratteristici per le varie unità litostratigrafiche individuate.

Tabella 2: Parametri geotecnici, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio.

Unità	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$\varphi'_k$ ( $^\circ$ )	$c'_k$ ( $\text{kPa}$ )	$c_{uk}$ ( $\text{kPa}$ )	$E'$ ( $\text{MPa}$ )
LSA(a-2)	20	22	5*	60÷120	15
LSA	20	24	5	120÷200	20
DAF	20	24	2*	60	20
AG	20.5	26	15*	$200+10*\delta z$ $\leq 400$	$30+1.5*\delta z$ $\leq 80$
Rilevato nuovo	20	38	0		50

\*Nota: dato il carattere provvisorio dell'opera, è stata attribuita alle unità principalmente interessate dagli scavi una coesione maggiore per tenere in conto di una condizione di medio termine

### 8.2 SEZIONI STRATIGRAFICHE DI RIFERIMENTO

Nelle seguenti figure si riportano le sezioni stratigrafiche di riferimento utilizzate per il dimensionamento degli interventi provvisoria di scavo.

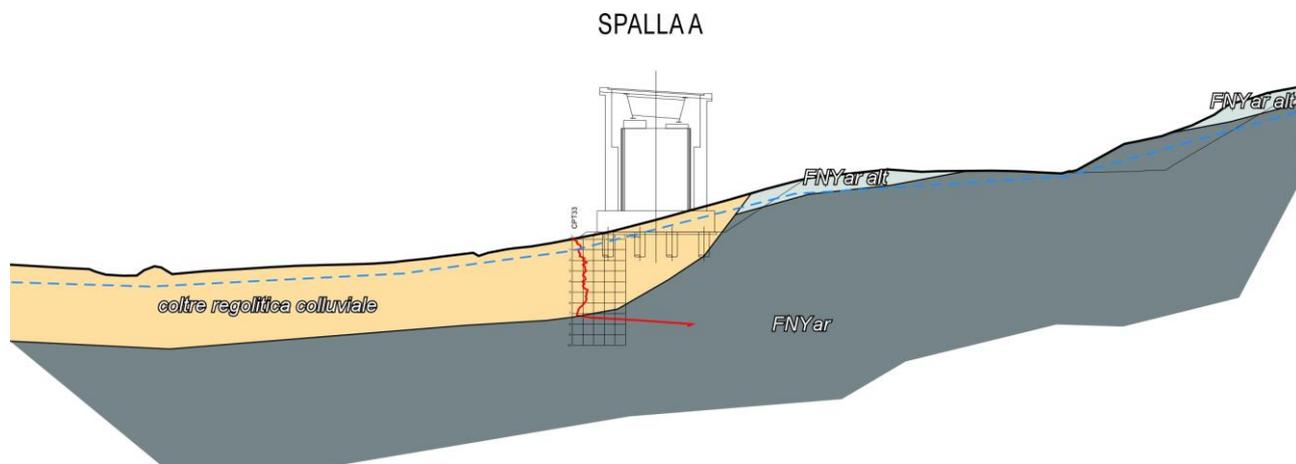


Figura 8: Sezione stratigrafica – Spalla A.

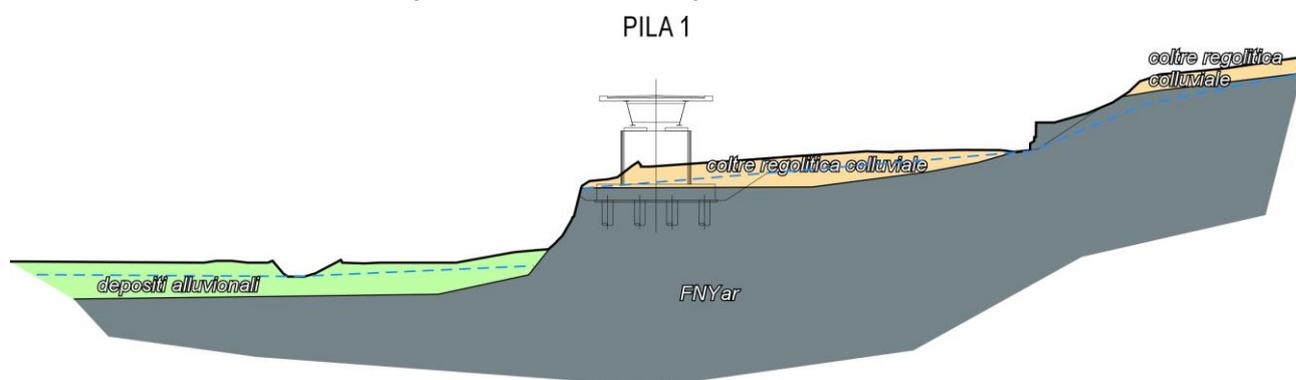


Figura 9: Sezione stratigrafica – Pila 1.

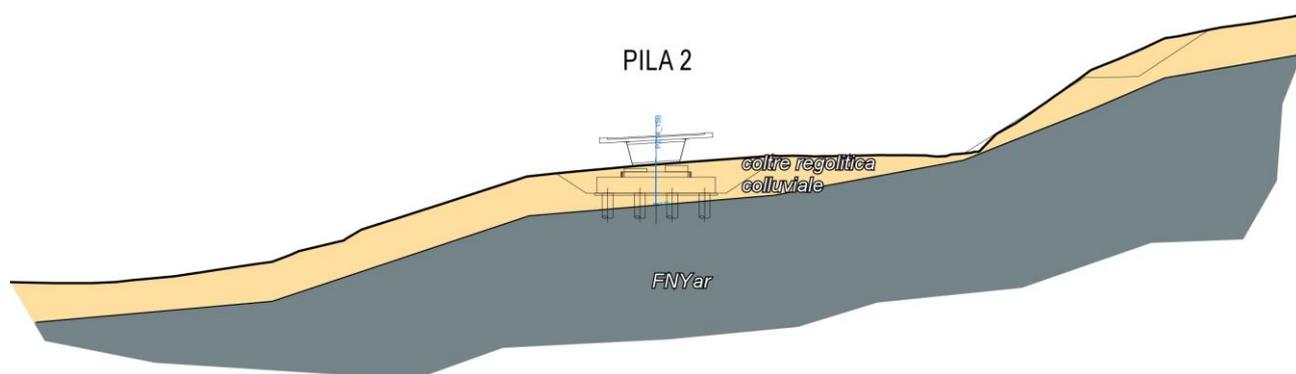


Figura 10: Sezione stratigrafica – Pila 2.

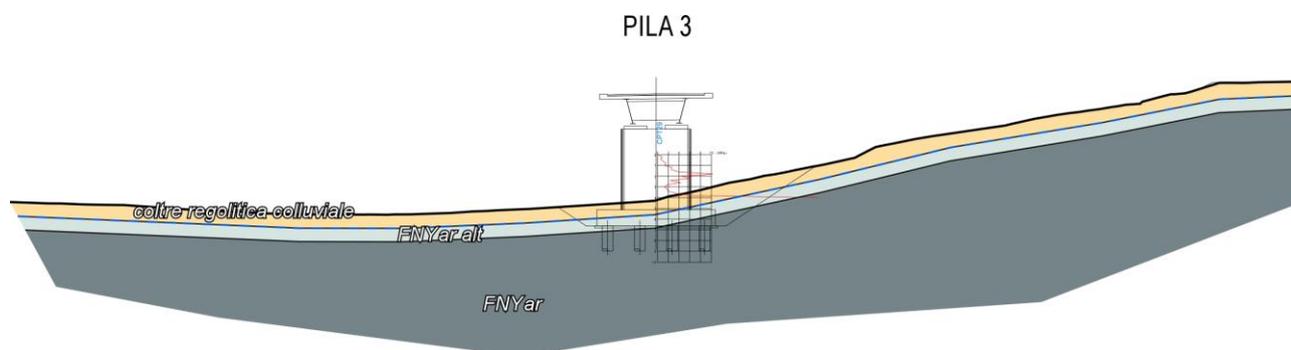


Figura 11: Sezione stratigrafica – Pila 3.

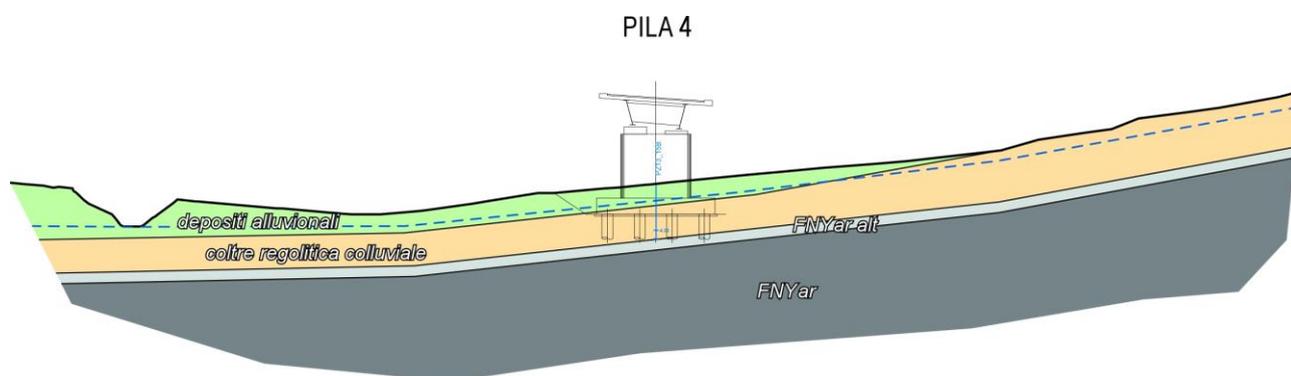


Figura 12: Sezione stratigrafica – Pila 4.

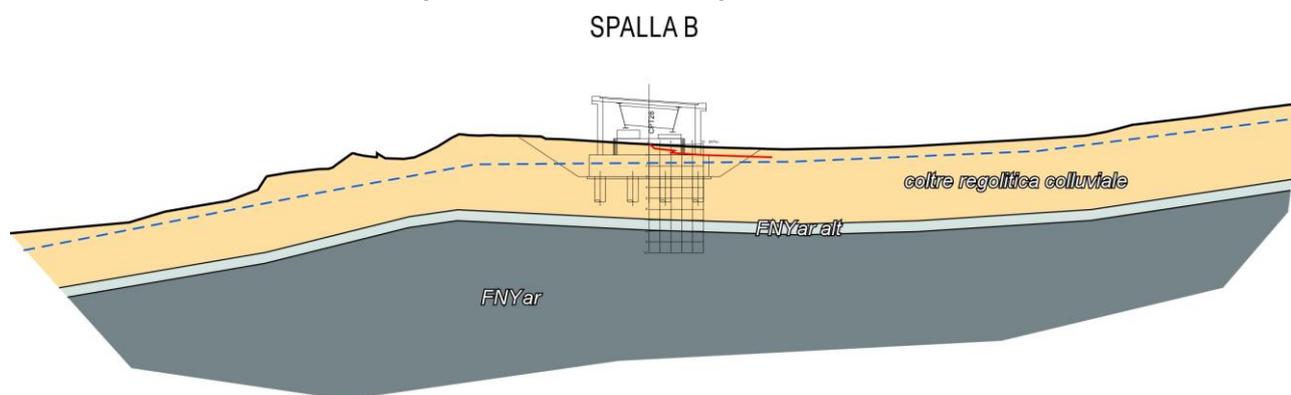


Figura 13: Sezione stratigrafica – Spalla B.

### 8.3 FALDA DI PROGETTO

Relativamente agli aspetti idrogeologici, si segnala che, essendo l'opera localizzata in prossimità del fondovalle, dove è presente una copertura alluvionale del T. Buffa, ai fini della progettazione si deve tener conto di una falda libera che interessa tutto lo spessore dei depositi terrazzati, il cui livello è sostanzialmente influenzato e regolato dal regime idraulico del T. Buffa.

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

---

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoria

Tale falda è soggetta a forti escursioni stagionali in funzione della piovosità, potendo pertanto giungere, in concomitanza a periodi piovosi intensi e prolungati, in prossimità del piano campagna (0.5 m÷1.0 m), come osservato durante sopralluoghi effettuati tra il mese di Febbraio e Marzo 2015.

## 9 ANALISI E VERIFICA DELLA PARATIA

L'analisi è stata condotta adottando i criteri nel seguito descritti in accordo al DM 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC2018).

### 9.1 SISMA

Dato il carattere provvisorio dell'opera le azioni sismiche possono essere omesse.

### 9.2 APPROCCI PROGETTUALI E CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche sono state sviluppate con riferimento alle NTC 2018, adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO):

- approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R1 (GEO);
- approccio 2: A1+M1+R3 (STR);

Le verifiche di stabilità del complesso opera di sostegno-terreno sono state condotte con:

- Approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO<sub>stab</sub>).

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale, il coefficiente  $\gamma_R$  non deve essere portato in conto.

I coefficienti parziali per le azioni (A), i parametri geotecnici del terreno (M) e le resistenze (R) sono in accordo alla tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I (stabilità) di cui alle NTC 2018.

Per gli stati limite ultimi la verifica di sicurezza è soddisfatta se:

$$R_d \leq E_d,$$

dove:

$R_d$  = resistenza di progetto;

$E_d$  = valore di progetto dell'effetto delle azioni.

In condizioni di esercizio gli spostamenti dell'opera di sostegno dovranno essere compatibili con la funzionalità. Inoltre dovranno essere soddisfatte le verifiche sullo stato tensionale dei materiali e di fessurazione.

#### 9.2.1 Combinazioni delle Azioni

Si sono considerate le combinazioni delle azioni nel seguito descritte in cui si indica con:

G = Azioni permanenti dovute al peso proprio degli elementi;

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

$$\gamma_G \cdot G_k$$

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

$$G$$

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

$$G$$

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

$$G$$

I coefficienti parziali  $\gamma$  per le azioni agli SLU sono in accordo alla tab. 6.2.I di cui alle NTC 2018.

### 9.3 METODOLOGIA DI CALCOLO

L'analisi di interazione terreno-opera è stata condotta con un modello FEM 2D utilizzando il programma di calcolo Plaxis 2D, codice appositamente sviluppato per lo studio di problematiche geotecniche e di interazione terreno-struttura.

La modellazione eseguita mira ad analizzare i principali aspetti tenso-deformativi connessi con la realizzazione dell'opera di sostegno prevista in progetto:

- determinazione delle massime sollecitazioni sugli elementi strutturali per il loro dimensionamento e verifica;
- analisi e verifica della stabilità geotecnica dell'opera.

La modellazione è, quindi, idonea anche ad indagare la stabilità globale del sistema geotecnico struttura-terreno ed all'analisi dei fenomeni deformativi indotti dalle instabilità attualmente presenti; consente di ottenere campi di spostamento che tengano correttamente conto dei fenomeni di interazione terreno-struttura.

Il codice Plaxis presenta una vasta libreria di legami costitutivi attribuibili ai terreni; sono disponibili inoltre elementi strutturali di vario tipo che consentono di simulare elementi strutturali che interagiscono con il terreno circostante mediante elementi interfaccia.

Le analisi sono state condotte mediante modellazioni volte a rappresentare il sistema geotecnico struttura-terreno con la simulazione sequenziale delle principali fasi costruttive previste.

Le verifiche di stabilità generale sono state sviluppate all'equilibrio limite utilizzando il software SlopeW.

Nei successivi capitoli, esplicitamente dedicati alle modellazioni, verranno esposte le caratteristiche di dettaglio delle analisi svolte ed i parametri di input considerati.

### **9.3.1 Plaxis. Metodologia e legami costitutivi dei materiali**

PLAXIS è un codice di calcolo agli elementi finiti utilizzabile per eseguire analisi di stabilità e di deformazione nell'ambito di molteplici applicazioni geotecniche e di interazione terreno-struttura. Il programma permette di simulare situazioni reali riconducibili a condizioni di deformazione piane (plain strain).

Presenta una vasta libreria di legami costitutivi attribuibili ai terreni. Sono disponibili inoltre elementi strutturali di vario tipo che consentono di simulare diaframmi, pali, ancoraggi ecc.

PLAXIS generalmente viene utilizzato per analisi in tensioni efficaci. Quindi nei problemi che coinvolgono la determinazione delle pressioni neutre le stesse possono essere generate attraverso l'analisi del moto di filtrazione in regime stazionario; quest'ultimo richiede l'introduzione delle condizioni al contorno per la quota piezometrica e per le condizioni di flusso (superfici impermeabili, punti di emungimento, sorgenti etc.).

Visto il grado di conoscenze dei terreni, il modello costitutivo utilizzato, è quello di Hardening-Soil per il terreno naturale e di Mohr-Coulomb per il materiale da rilevato.

### **9.3.2 Plaxis. Analisi in condizioni A1+M1**

Per la condizione statica A1+M1, le azioni variabili sono amplificate mediante il coefficiente parziale  $\gamma_Q/\gamma_{G1}=1.5/1.3=1.15$ ; i risultati dell'analisi Plaxis in termini di azioni interne sono poi amplificati per il fattore moltiplicativo  $\gamma_{G1}=1.3$ .

### **9.3.3 Sope/W. Analisi di stabilità globale all'equilibrio limite**

La valutazione dei fattori di sicurezza per la stabilità globale dell'opera è condotta mediante il modulo "Slope W" del programma GeoStudio 2007 versione 7.15 della GEO-SLOPE International.

Tale programma consente un'analisi di stabilità all'equilibrio limite tenendo conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalle pressioni idrostatiche, di sollecitazioni sismiche mediante un'analisi di tipo pseudostatico, di tiranti di ancoraggio e di eventuali altri elementi di rinforzo (ad esempio geogriglie).

Il programma è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità ricavandone il coefficiente di sicurezza (FS) come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di possibile scorrimento e quella effettivamente mobilitata dal volume di terreno coinvolto nel movimento; il criterio di rottura adottato è quello classico di Mohr - Coulomb.

La valutazione del coefficiente di sicurezza è effettuata per tentativi, generando un elevato numero di superfici mediante un algoritmo pseudo - casuale.

Il programma è in grado di compiere le verifiche di stabilità fornendo il coefficiente di sicurezza secondo differenti criteri; nel caso in esame l'analisi è stata sviluppata con superfici circolari adottando il metodo di Morgenstern-Price.

## 9.4 SEZIONE DI CALCOLO IN CORRISPONDENZA DELLA PILA 3

Il modello di calcolo Plaxis è riportato nella figura seguente.

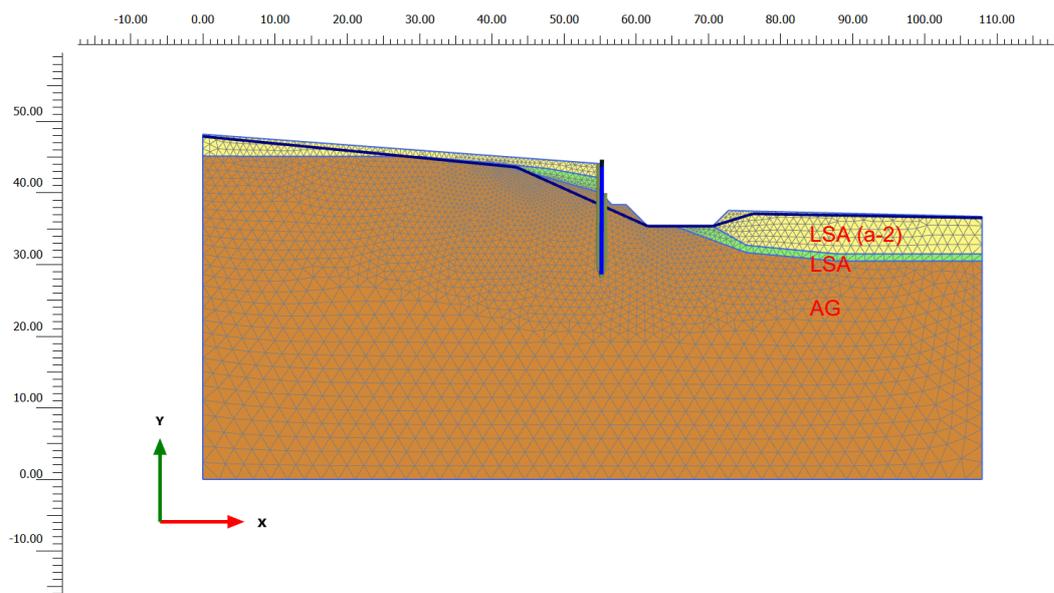


Figura 14: Sezione di calcolo in corrispondenza della Pila 3. Modello di calcolo Plaxis.

### 9.4.1 Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati

I parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni Plaxis per i diversi materiali sono riportati nella tabella seguente. Per il terreno naturale si è considerato un modello costitutivo Hardening-soil con comportamento drenato.

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

Tabella 3: Parametri geotecnici assunti nelle elaborazioni Plaxis.

Material model	Model	Unit	LSA(a-2)	LSA	AG
General					
Material model	Model	-	Hard. soil	Hard. soil	Hard. soil
Type of material behaviour	Type	-	Undrained A	Undrained A	Undrained A
Soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	20	20	20.5
Soil unit weight below phreatic level	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20	20	20.5
Initial void ratio	$e_{init}$	-	0.6	0.6	0.5
Parameters					
Young's modulus (constant)	$E'$	MPa			
Secant stiffness in standard drained triaxial test	$E_{50}^{ref}$	MPa	25	25	35
Tangent stiffness for primary oedometer loading	$E_{oed}^{ref}$	MPa	25	25	35
Unloading / reloading stiffness	$E_{ur}^{ref}$	MPa	75	75	105
Power for stress-level dependency of stiffness	m	-	0.35	0.35	0.7
Cohesion	$c'$	kPa	5	5	15
Friction angle	$\phi'$	°	22	24	26
Dilatancy angle	$\Psi$	°	0	0	0
Poisson's ratio	$\nu - \nu_{ur}$	-	0.3	0.3	0.3
$K_0$ -value for normal consolidation	$k_0^{nc}$	-	$1 - \sin\phi'$	$1 - \sin\phi'$	$1 - \sin\phi'$
Groundwater					
Permeability in horizontal direction	$k_x$	m/day	$4.32 \cdot 10^{-3}$	$4.32 \cdot 10^{-3}$	$4.32 \cdot 10^{-4}$
Permeability in vertical direction	$k_y$	m/day	$8.64 \cdot 10^{-4}$	$8.64 \cdot 10^{-4}$	$8.64 \cdot 10^{-5}$
Interfaces-					
Interface strength	—	Manual	Manual	Manual	Manual
Strength reduction factor inter.	$R_{inter}$	0.5	0.67	0.67	0.67
Initial					
$K_0$ determination	—	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
Over-consolidation ratio	OCR	1.0	1.0	1.0	5

Data la presenza degli scavi provvisionali, il livello di falda in prossimità dell'opera è variabile.

I dati di input della paratia di pali e del cordolo di coronamento, rappresentati nel modello con elemento “Plate”, sono indicati nella tabella seguente.

Tabella 4: Dati di input elementi strutturali schematizzati come "plate".

Parameter	Name	Unit	
Pali			
Type of behaviour			Elastic; Isotropic
Normal stiffness	EA	kN/m	13754730
Flexural rigidity	EI	kNm <sup>2</sup> /m	550189
Unit weight	w	kN/m/m	10.47
Poisson's ratio	$\nu$	-	0
Cordolo			
Type of behaviour			Elastic; Isotropic
Normal stiffness	EA	kN/m	32837000
Flexural rigidity	EI	kNm <sup>2</sup> /m	2736417
Unit weight	w	kN/m/m	25.0
Poisson's ratio	$\nu$	-	0.15

### 9.4.2 Descrizione delle fasi di calcolo

Le analisi eseguite sono di tipo sequenziale e riproducono in successione tutte le principali fasi operative previste per la realizzazione dell'opera e condizioni di verifica. La fase di messa in opera degli elementi strutturali viene simulata attivando i relativi elementi strutturali.

Le fasi di calcolo considerate sono riportate nel seguito.

Fase 1. Fase geostatica iniziale. (Figura 15)

Fase 2. Realizzazione della paratia (Figura 16)

*Stati limite di esercizio SLE*

Fase 3. SLE-Combinazione caratteristica (rara) (Figura 17)

Fase 4. SLE-Combinazione frequente

Fase 5. SLE-Combinazione quasi permanente

*Stati limite ultimi STR*

Fase 6. SLU/STR A1+M1+R3

*Stati limite ultimi GEO*

Fase 7. SLU/GEO A2+M2+R1

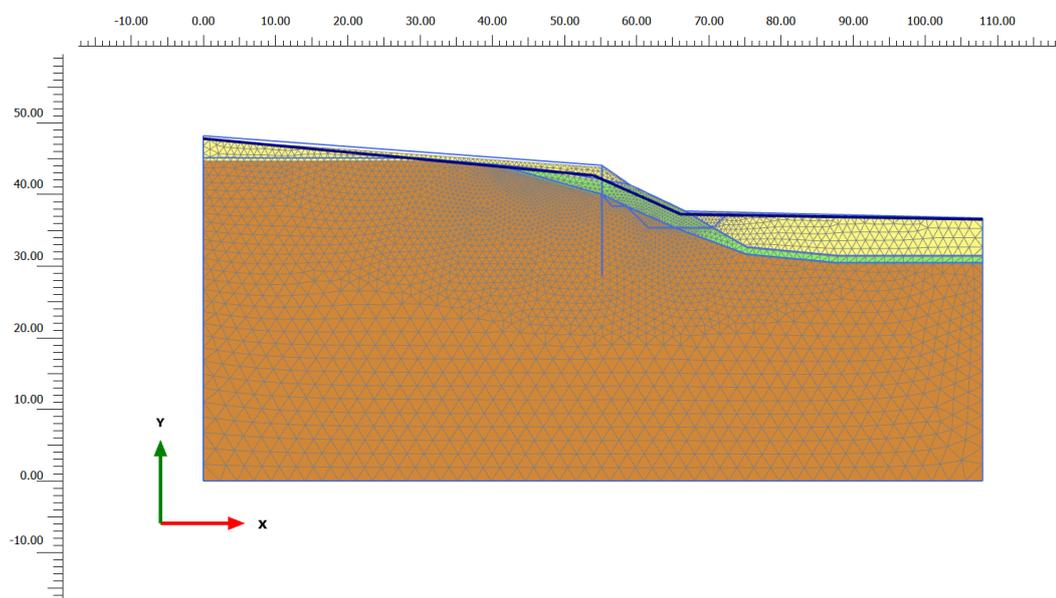


Figura 15: Fase 1. Fase geostatica iniziale.

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

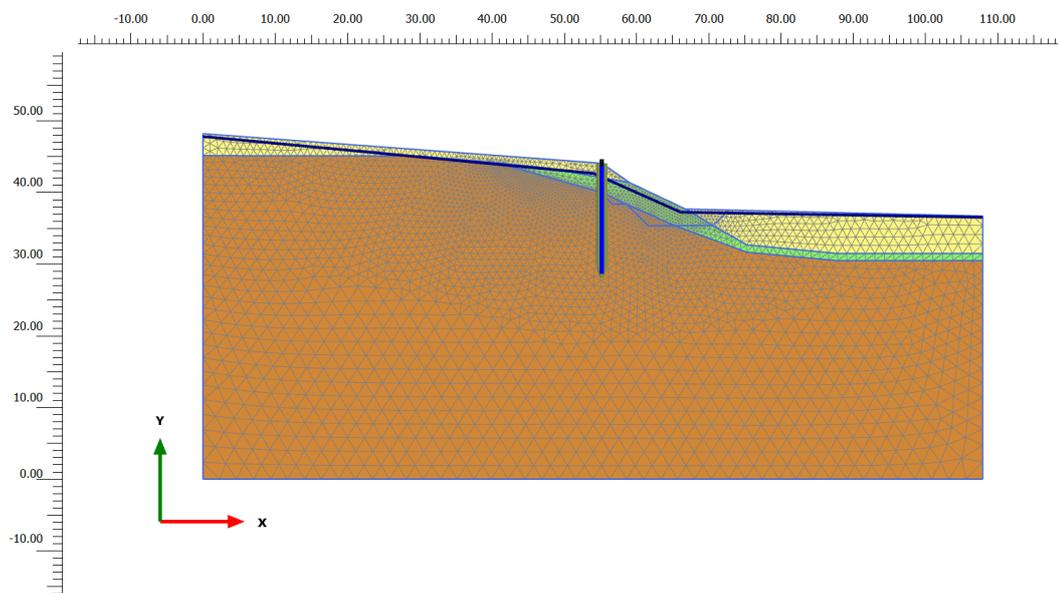


Figura 16: Fase 2. Realizzazione paratia.

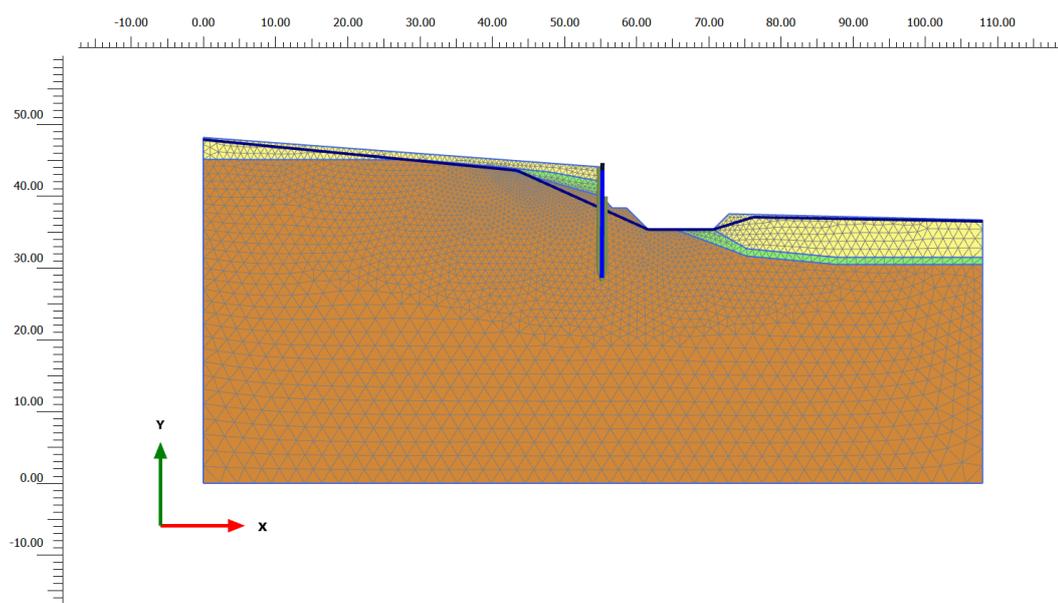


Figura 17: Fase 3. SLE-Combinazione caratteristica.

### 9.4.3 Sintesi dei risultati per gli stati limite di esercizio (SLE)

Nel seguito è riportata una sintesi dei risultati in termini di:

- spostamenti;
- sollecitazioni sugli elementi strutturali.

### 9.4.3.1 SLE, spostamenti

Di seguito si riportano la mappa degli spostamenti orizzontali per gli SLE, combinazione quasi permanente.

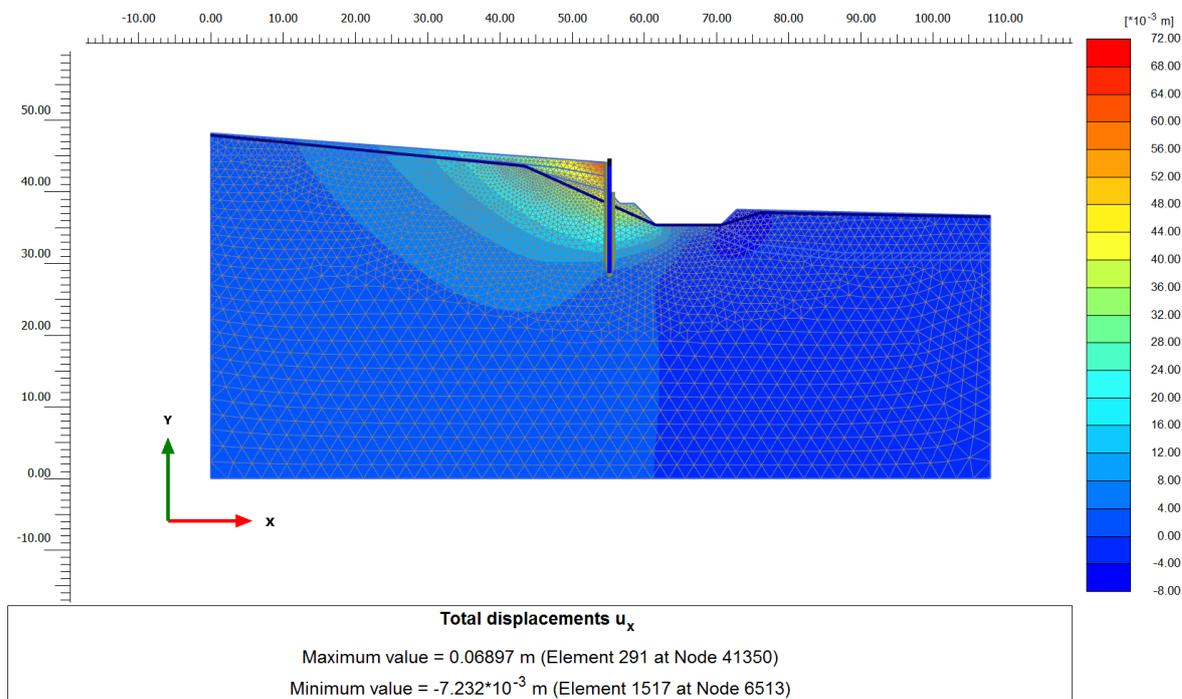


Figura 18: SLE-Combinazione quasi permanente.

### 9.4.3.2 SLE, Sollecitazioni pali

Le sollecitazioni in termini di momento flettente, sforzo normale e taglio sui pali lato valle e lato monte sono diagrammate in funzione della profondità in Figura 19, mentre nella tabella seguente è riportata una sintesi delle sollecitazioni massime.

Tabella 5: SLE-Pali. Sollecitazioni

Sollecitazione Significativa	Palo								
	Comb. Rara			Comb. Frequente			Comb. Quasi Permanente		
	Prof. [m]	Sforzo assiale N [kN]	Momento flettente M [kNm]	Prof. [m]	Sforzo assiale N [kN]	Momento flettente M [kNm]	Prof. [m]	Sforzo assiale N [kN]	Momento flettente M [kNm]
( $N_{max}$ ; M )	15.00	6.61	0.00	15.00	6.61	0.00	15.00	6.61	0.00
( $N_{min}$ ; M )	10.53	-170.76	-195.90	10.53	-170.76	-195.90	10.53	-170.76	-195.90
( N ; $M_{max}$ )	15.00	6.61	0.00	15.00	6.61	0.00	15.00	6.61	0.00
( N ; $M_{min}$ )	9.88	-168.92	-199.02	9.88	-168.92	-199.02	9.88	-168.92	-199.02

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoriali

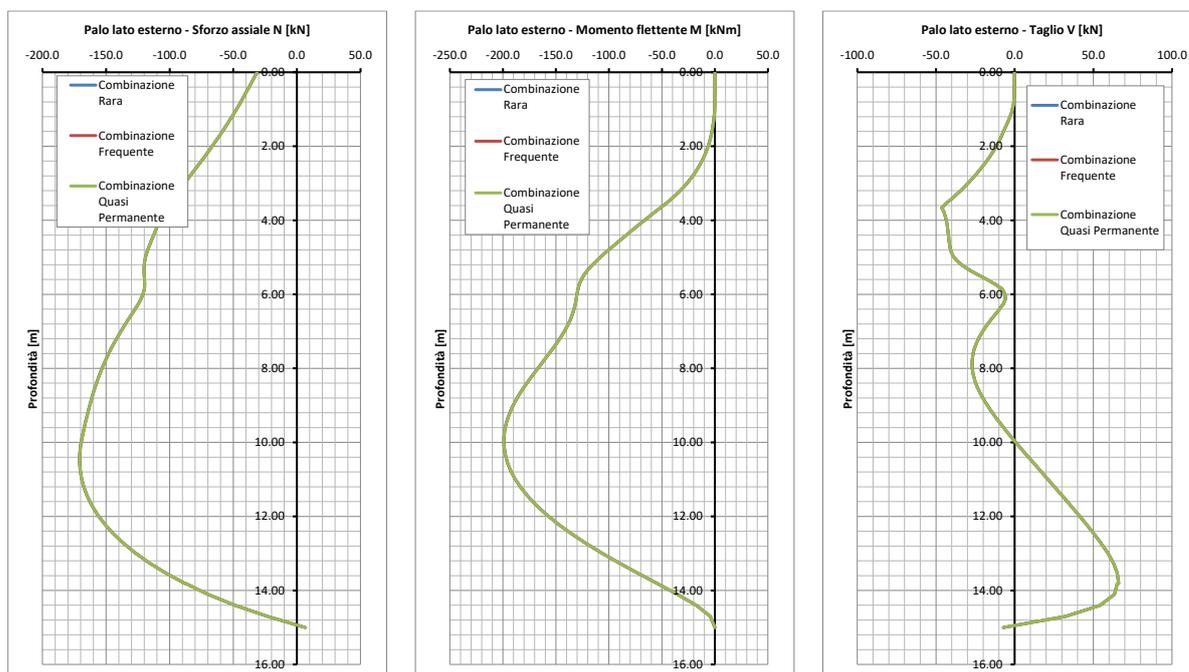


Figura 19: SLE-Pali. Diagrammi delle sollecitazioni

#### 9.4.4 Sintesi dei risultati per gli stati limite ultimi strutturali (STR)

Nel seguito è riportata una sintesi dei risultati in termini di sollecitazioni allo stato limite ultimo di tipo strutturale (STR).

##### 9.4.4.1 SLU/STR A1+M1+R3 - Sollecitazioni pali

Tabella 6: SLU/STR A1+M1+R1-Pali. Sollecitazioni

	Nmax kN	Nmin kN	Mmax kNm	Mmin kNm	Vmax kN	Vmin kN
A1+M1 (STR)	8.6	-222.0	0.0	-258.7	85.9	-60.3

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

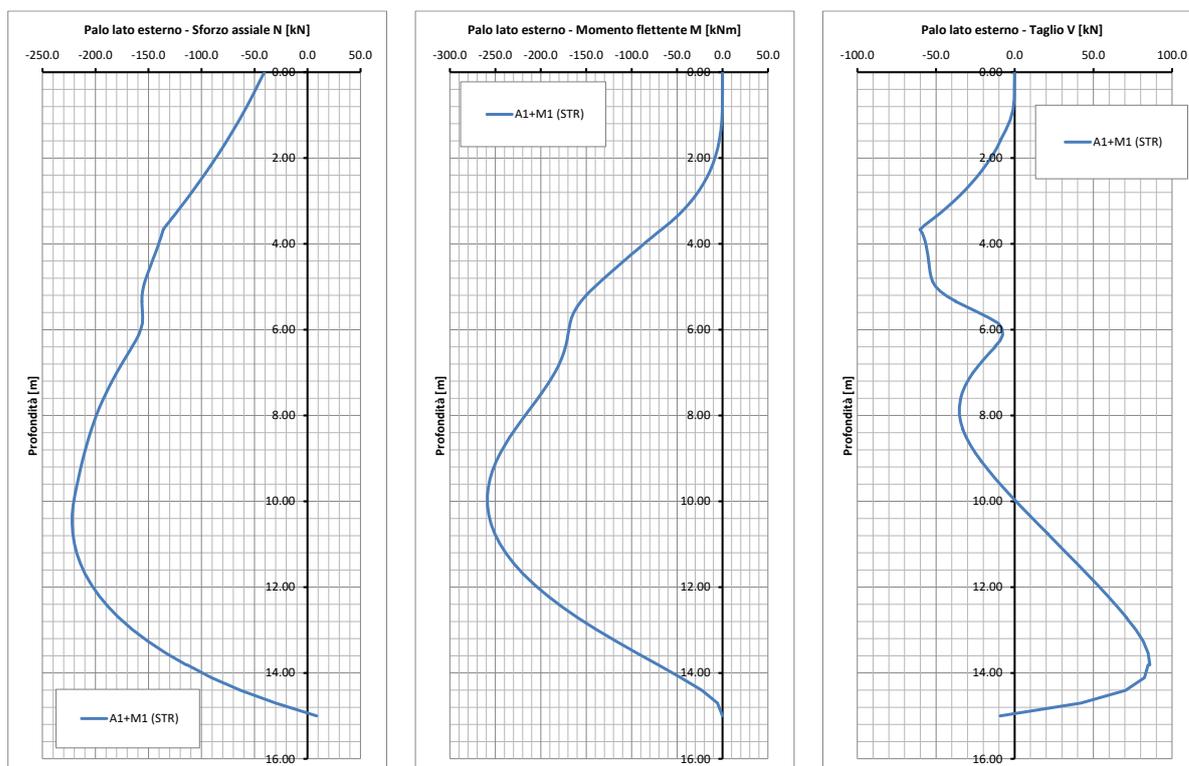


Figura 20: SLU/STR A1+M1+R1-Pali. Diagrammi delle sollecitazioni.

#### 9.4.5 Sintesi dei risultati per gli stati limite ultimi geotecnici (GEO)

Nel seguito è riportata una sintesi dei risultati per gli stati limite ultimi di tipo geotecnico GEO.

##### 9.4.5.1 SLU/GEO A2+M2+R1 – Convergenza dei modelli

Con i parametri del terreno ridotti con i coefficienti parziali M2 si è avuto la convergenza dei modelli Plaxis a conferma del soddisfacimento delle verifiche nei confronti della rotazione dell'opera. Nella figura seguente si riporta il campo di spostamenti al termine della fase di calcolo.

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

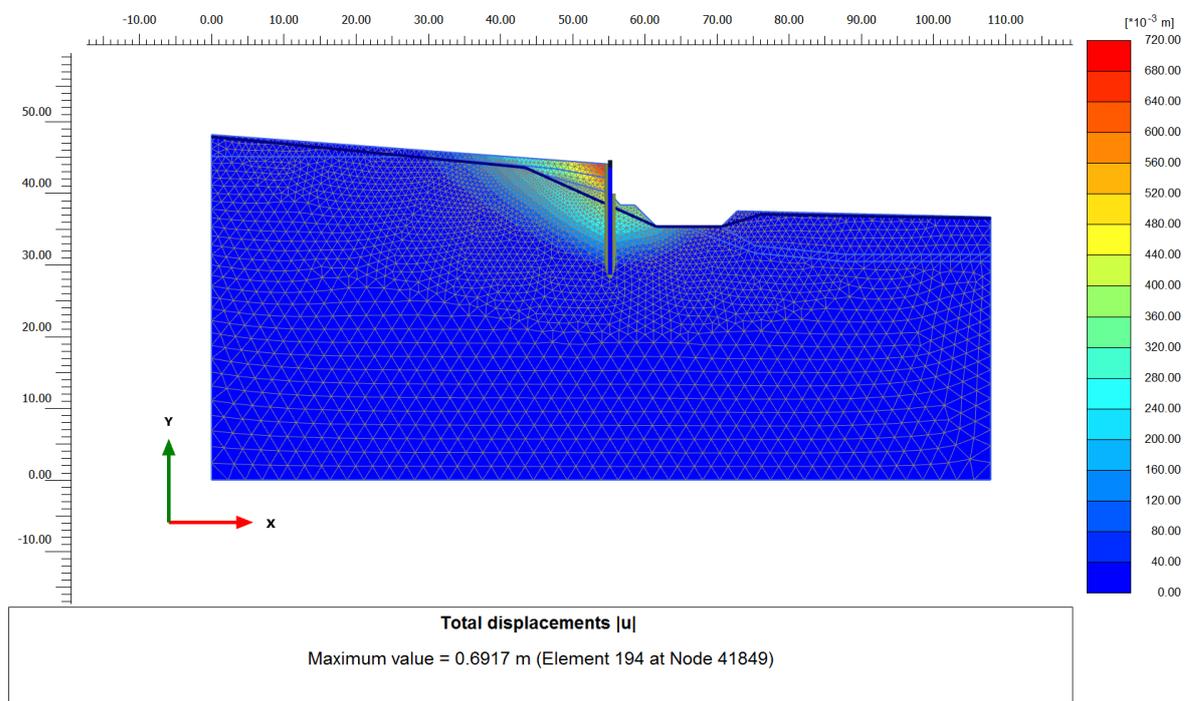


Figura 21: SLU/GEO A2+M2+R1 - Combinazione fondamentale, campo di spostamenti.

### 9.4.6 Verifiche agli SLU di tipo strutturale (STR)

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLU nei confronti del raggiungimento della resistenza strutturale dei vari elementi che costituiscono l'opera.

#### 9.4.6.1 Pali, verifica a flessione

Assumendo per i pali  $\Phi=800$  mm una armatura di n. 20 $\Phi$ 20 mm si riporta di seguito la verifica a flessione.

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	80.0	cm
Barre circonferenza:	20 $\Phi$ 20	(62.8 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	8.0	cm

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	75.00	258.70	85.88	0.00

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)										
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)										
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] 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 $\geq 1.000$										
Yneutro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.										
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [kNm]										
x/d	Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)										
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]										
N°Comb	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	75.00	258.70	74.87	727.99	2.814	20.3	516.38	---	---	---

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoria

### 9.4.6.2 Pali, verifica a taglio

Con riferimento ad una spirale  $\Phi$  10/15 cm, si riporta la verifica a taglio.

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	80.0	cm
Barre circonferenza:	20 $\Phi$ 20	(62.8 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	8.0	cm

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	75.00	258.70	85.88	0.00

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

Diametro staffe:	10	mm	
Passo staffe:	15.0	cm	[Passo massimo di normativa = 24.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	10.5	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.4 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 [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)								
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]								
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.19)NTC]								
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] 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	85.88	222.56	1105.16	576.57	66.4	21.80	1.009	1.6

### 9.4.7 Verifiche agli SLE di tipo strutturale

Nel seguito si riportano le verifiche delle tensioni e di fessurazione in riferimento alle sollecitazioni riportate al paragrafo 9.4.3.2.

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	80.0	cm
Barre circonferenza:	20 $\Phi$ 20	(62.8 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	8.0	cm

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] 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	170.76	-195.90
2	-6.61	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 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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoriali

3 168.92 -199.02

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [kNm] 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	170.76	-195.90 (-198.85)
2	-6.61	0.00 (0.00)
3	168.92	-199.02 (-198.33)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [kNm] 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	170.76	-195.90 (-198.85)
2	-6.61	0.00 (0.00)
3	168.92	-199.02 (-198.33)

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 [Mpa]  
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 [Mpa]  
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]  
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. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

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	5.49	40.0	0.00	-40.0	-123.4	-32.0	22.0	1542	22.0	----
2	S	0.00	-40.0	0.00	40.0	-1.1	-18.8	22.0	4405	62.8	----
3	S	5.57	40.0	0.00	-40.0	-126.1	-32.0	22.0	1542	22.0	----

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 [Mpa]  
Sclmin Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]  
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 [kNm]

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	3.43	-2.86	---	0.125	1.00	0.400	0.000247 (0.000247)	230	0.097	-198.85
2	S	-0.01	-0.01	---	0.250	1.00	0.400	0.000002 (0.000002)	300	0.001	-----
3	S	3.48	-2.91	---	0.125	1.00	0.400	0.000252 (0.000252)	230	0.099	-198.33

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	5.49	40.0	0.00	-40.0	-123.4	-32.0	22.0	1542	22.0	----
2	S	0.00	-40.0	0.00	40.0	-1.1	-18.8	22.0	4405	62.8	----
3	S	5.57	40.0	0.00	-40.0	-126.1	-32.0	22.0	1542	22.0	----

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

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoria

#### 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	3.43	-2.86	---	0.125	1.00	0.400	0.000247 (0.000247)	230	0.097 (0.30)	-198.85
2	S	-0.01	-0.01	---	0.250	1.00	0.400	0.000002 (0.000002)	300	0.001 (0.30)	-----
3	S	3.48	-2.91	---	0.125	1.00	0.400	0.000252 (0.000252)	230	0.099 (0.30)	-198.33

#### 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	5.49	40.0	0.00	-40.0	-123.4	-32.0	22.0	1542	22.0	---
2	S	0.00	-40.0	0.00	40.0	-1.1	-18.8	22.0	4405	62.8	---
3	S	5.57	40.0	0.00	-40.0	-126.1	-32.0	22.0	1542	22.0	---

#### 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	3.43	-2.86	---	0.125	0.50	0.485	0.000299 (0.000247)	230	0.117 (0.20)	-198.85
2	S	-0.01	-0.01	---	0.250	0.50	0.400	0.000002 (0.000002)	300	0.001 (0.20)	-----
3	S	3.48	-2.91	---	0.125	0.50	0.503	0.000317 (0.000252)	230	0.124 (0.20)	-198.33

#### 9.4.8 Verifiche agli SLE in termini di spostamento

Gli spostamenti orizzontali ottenuti in combinazioni SLE quasi permanente sono indicati in Figura 18 da cui risulta uno spostamento orizzontale di circa 6.9 cm compatibile con la funzionalità dell'opera in quanto di carattere provvisoria.

#### 9.4.9 Verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO)

Con i parametri del terreno ridotti con i coefficienti parziali M2 si è avuto la convergenza dei modelli Plaxis a conferma del soddisfacimento delle verifiche nei confronti della rotazione dell'opera (vedasi il paragrafo 9.4.5.1).

#### 9.4.10 Verifiche di stabilità globale (GEO\_stab)

L'analisi di stabilità dell'insieme terreno-opera è stata effettuata secondo l'approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R2.

Nella seguente tabella si riporta il coefficiente di sicurezza ottenuto con il metodo dell'equilibrio limite mediante il modulo "Slope W" del programma GeoStudio 2007, e a seguire la figura con la corrispondente superficie di scorrimento critica.

Tabella 7: Coefficiente di sicurezza nei confronti della stabilità globale con il metodo all'equilibrio limite.

		F.S.		F.S. richiesto $\gamma_R$	
SLU/GEO_stab (A <sub>2</sub> +M <sub>2</sub> +R <sub>2</sub> )	Combinazione fondamentale	1.334	≥	1.1	Figura 22

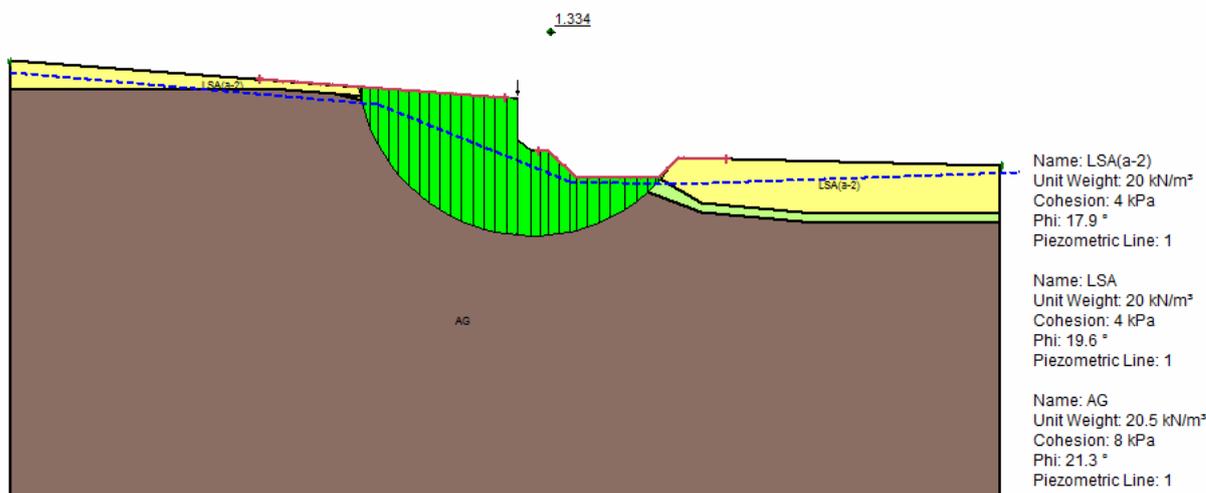


Figura 22: SLU(SLV)/GEO\_stab A2+M2+R2-Combinazione fondamentale - Superficie di scorrimento critica

#### 9.4.11 Verifica del cordolo di coronamento dei pali

##### 9.4.11.1 Determinazione delle sollecitazioni

Di seguito si sintetizza il calcolo condotto per la determinazione delle sollecitazioni (SLE e SLU) agenti sul cordolo di collegamento dei pali:

- sulla base dei risultati riportati al paragrafo 9.4.3.2, per gli SLE, e al paragrafo 9.4.4, per gli SLU-SLV, è stato definito il carico massimo ( $V_{Ed}$ ) agente in testa al palo. In questo caso particolare è stato preso pari al carico massimo agente lungo il palo;
- il carico  $q$  uniformemente distribuito e le due componenti verticali e orizzontali risultano pertanto:

$$q = \frac{V_{Ed}}{i};$$

$$q_h = q_x = q;$$

$$q_v = q_y = 0;$$

dove

$i$  interasse tra i pali.

Il carico  $q_v=q_y$  è incrementato con il peso proprio del cordolo amplificato per il coefficiente  $\gamma_{A1} = 1.3$  per la combinazione A1-M1,  $\gamma_{A1} = 1.0$  per la combinazione SLV. Per gli SLE il carico  $q_v=q_y$  è stato incrementato solamente del peso proprio del cordolo.

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

### 9.4.11.2 Sollecitazioni per gli stati limite di esercizio (SLE)

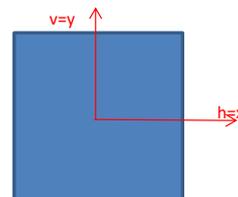
Di seguito si riporta una sintesi delle sollecitazioni agenti nel cordolo per lo Stato Limite di Esercizio (SLE).

#### Sollecitazione tirante

$N_{ED,SLE\_rara}$	=	66.06 kN
$N_{ED,SLE\_freq}$	=	66.06 kN
$N_{ED,SLE\_qp}$	=	66.06 kN
$N_{ED,SLU}$	=	85.88 kN
$N_{ED,SLV}$	=	0 kN
$i$	=	1.2 m
$\alpha$	=	0°

#### Dimensioni cordolo

$B$	=	1.00 m
$H$	=	1.00 m



#### Condizioni SLE-rara

$q_{SLE}$	=	55.05 kN/m	$M_{y,ED}$	=	7.93 kNm	$V_{x,ED}$	=	33.03 KN
$q_{h,SLE}$	=	55.05 kN/m	$M_{x,ED}$	=	3.60 kNm	$V_{y,ED}$	=	15.00 KN
$q_{v,SLE}$	=	25.00 kN/m						

#### Condizioni SLE-frequente

$q_{SLE}$	=	55.05 kN/m	$M_{y,ED}$	=	7.93 kNm	$V_{x,ED}$	=	33.03 KN
$q_{h,SLE}$	=	55.05 kN/m	$M_{x,ED}$	=	3.60 kNm	$V_{y,ED}$	=	15.00 KN
$q_{v,SLE}$	=	25.00 kN/m						

#### Condizioni SLE-quasi permanente

$q_{SLE}$	=	55.05 kN/m	$M_{y,ED}$	=	7.93 kNm	$V_{x,ED}$	=	33.03 KN
$q_{h,SLE}$	=	55.05 kN/m	$M_{x,ED}$	=	3.60 kNm	$V_{y,ED}$	=	15.00 KN
$q_{v,SLE}$	=	25.00 kN/m						

### 9.4.11.3 Sollecitazioni per gli stati limite ultimo (SLU-SLV)

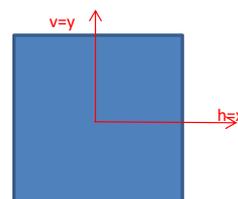
Di seguito si riporta una sintesi delle sollecitazioni agenti nel cordolo per lo Stato Limite Ultimo (SLU-SLV).

#### Sollecitazione tirante

$N_{ED,SLU\_rara}$	=	66.06 kN
$N_{ED,SLU\_freq}$	=	66.06 kN
$N_{ED,SLU\_qp}$	=	66.06 kN
$N_{ED,SLU}$	=	85.88 kN
$N_{ED,SLV}$	=	0 kN
$i$	=	1.2 m
$\alpha$	=	0°

#### Dimensioni cordolo

$B$	=	1.00 m
$H$	=	1.00 m



#### Condizioni SLU

$q_{SLU}$	=	71.57 kN/m	$M_{y,ED}$	=	10.31 kNm	$V_{x,ED}$	=	42.94 KN
$q_{h,SLU}$	=	71.57 kN/m	$M_{x,ED}$	=	4.68 kNm	$V_{y,ED}$	=	19.50 KN
$q_{v,SLU}$	=	32.50 kN/m						

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

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoria

#### 9.4.11.4 Verifica agli SLU: verifica a flessione

Si riporta di seguito la verifica a flessione.

##### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C25/30	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

##### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.8	6.2	20
2	-43.8	93.8	20
3	43.8	93.8	20
4	43.8	6.2	20

##### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	20
2	2	1	3	20
3	1	4	3	20
4	3	4	3	20

##### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe e legature:	20.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	
N° Legature:	1	

##### Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	9	15

##### Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
9	-43.8	50.0
15	43.8	50.0

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	4.68	10.31	19.50	42.94

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.9	cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
As Tesa	Area armature [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	201.31	592.69	0.00	382.48	839.65	81.489	31.4(15.4)

### 9.4.11.5 Verifica agli SLU: verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio.

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C25/30	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.8	6.2	20
2	-43.8	93.8	20
3	43.8	93.8	20
4	43.8	6.2	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	20
2	2	1	3	20
3	1	4	3	20
4	3	4	3	20

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	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**

**V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoria**

Passo staffe e legature: 20.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale  
 N° Legature: 1

**Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:**

N° Legat. Barra 1 Barra 2  
 1 9 15

**Coordinate Barre generate di estremità delle legature:**

N° Barra	X[cm]	Y[cm]
9	-43.8	50.0
15	43.8	50.0

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

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	4.68	10.31	19.50	42.94

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

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

Passo staffe e legature: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Vsdu Taglio di progetto [kN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]  
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proiettata sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N° Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	46.42	1889.22	1284.85	92.3	93.2	21.80°	1.000	0.6	15.8(4.5)

**9.4.11.6 Verifica agli SLE**

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C25/30

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

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**

**V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoriali**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.8	6.2	20
2	-43.8	93.8	20
3	43.8	93.8	20
4	43.8	6.2	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	20
2	2	1	3	20
3	1	4	3	20
4	3	4	3	20

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	3.60	7.93

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	3.60 (149.12)	7.93 (328.47)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	3.60 (149.12)	7.93 (328.47)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle 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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

D barre Beta12		Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2									
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.15	50.0	100.0	-5.5	-43.8	6.2	589	6.3	21.9	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.15	50.0	100.0	-5.5	-43.8	6.2	589	6.3	21.9	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica												
S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata												
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata												
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata												
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica												
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff												
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa												
Psi	= $1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]												
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi												
srm	Distanza media tra le fessure [mm]												
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * srm$ . Valore limite tra parentesi												
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]												
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]												

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.1	0	0.125	20	52-1714.6870.00001	(0.00001)	242	0.004	(0.40)	149.12	

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.15	50.0	100.0	-5.5	-43.8	6.2	589	6.3	21.9	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.1	0	0.125	20	52-856.8430.00001	(0.00001)	242	0.004	(0.30)	149.12	

## **10 ANALISI E VERIFICA DEGLI SCAVI PROVVISORIALI**

L'analisi è stata condotta adottando i criteri nel seguito descritti in accordo al DM 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni – NTC 2018).

### **10.1 PROGRAMMA DI CALCOLO**

#### **10.1.1 Modulo "Slope/W" 2007 della Geo-Slope International (Canada)**

Tale modulo consente un'analisi di stabilità tenendo conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalla idrostatica, di sollecitazioni sismiche, per via statica equivalente, di tiranti di ancoraggio e altre opere di rinforzo e sostegno. Esso è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità ricavandone il coefficiente di sicurezza (F.S.) come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di possibile scivolamento e quella mobilitata dal moto incipiente dell'intera massa contenuta dalla superficie stessa. Il software permette anche l'introduzione di elementi di rinforzo.

Il programma effettua le verifiche di stabilità fornendo il coefficiente di sicurezza secondo diversi criteri; nel caso in esame verrà adottato il criterio di Morgenstern-Price.

Tale criterio permette la ricerca del coefficiente di sicurezza con riferimento ad una condizione di equilibrio sia alla rotazione sia alla traslazione e considerando le forze di interazione fra i singoli conci.

Il criterio di rottura adottato per il terreno è quello classico di Mohr-Coulomb.

Normalmente la valutazione del coefficiente di sicurezza viene effettuata per tentativi, generando un grande numero di superfici con un algoritmo pseudo-casuale, facendo alcune ipotesi semplificative circa la loro forma geometrica rispettando però, per quanto possibile, le condizioni reali nei riguardi delle sollecitazioni esterne, delle caratteristiche fisiche dei terreni, delle eventuali evidenze fisiche (labbrini o nicchie di distacco ed accumuli al piede); oltre alla possibilità di calcolare il coefficiente di sicurezza per una determinata superficie di rottura assegnata.

Data una sezione di cui valutare il coefficiente di sicurezza, il programma esamina migliaia di superfici lungo tutto il pendio e fornisce quelle con coefficiente di sicurezza inferiore.

L'analisi di stabilità, nel caso di verifica in condizioni sismiche, è stata condotta con riferimento al modello di calcolo pseudostatico.

## **10.2 APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE**

Le verifiche di stabilità degli scavi provvisoria sono state sviluppate con riferimento alle NTC 2018, adottando per gli stati limite ultimi (SLU/SLV) di tipo geotecnico (GEO) l'approccio 1, Combinazione 2:

A2+M2+R2.

I coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici del terreno sono in accordo alla tab. 6.2.I, 6.2.II, 6.5.1 (muri) e 6.8.I (stabilità) di cui alle NTC 2018.

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il software Slope/W.

### **10.2.1 Carico accidentale**

Nelle analisi di stabilità in condizioni statiche, nelle sezioni in cui è presente, è stato considerato sulla sede stradale un carico accidentale  $Q = 20$  kPa.

## **10.3 AZIONE SISMICA**

Dato il carattere provvisoria dell'opera le azioni sismiche possono essere omesse.

## **10.4 CONDIZIONI DI ANALISI**

Le verifiche sono condotte in accordo a quanto riportato nel § 10.2 con il modulo SLOPE/W.

Le verifiche sono state condotte per la condizione statica considerando i parametri drenati di resistenza al taglio per tutte le unità geotecniche considerate (Tabella 2).

## **10.5 SPALLA A – SCAVO PROVVISORIA**

### **10.5.1 Descrizione del modello di calcolo**

Il modello di calcolo, relativo allo scavo provvisoria previsto in corrispondenza della Spalla A, è riportato nella figura seguente.

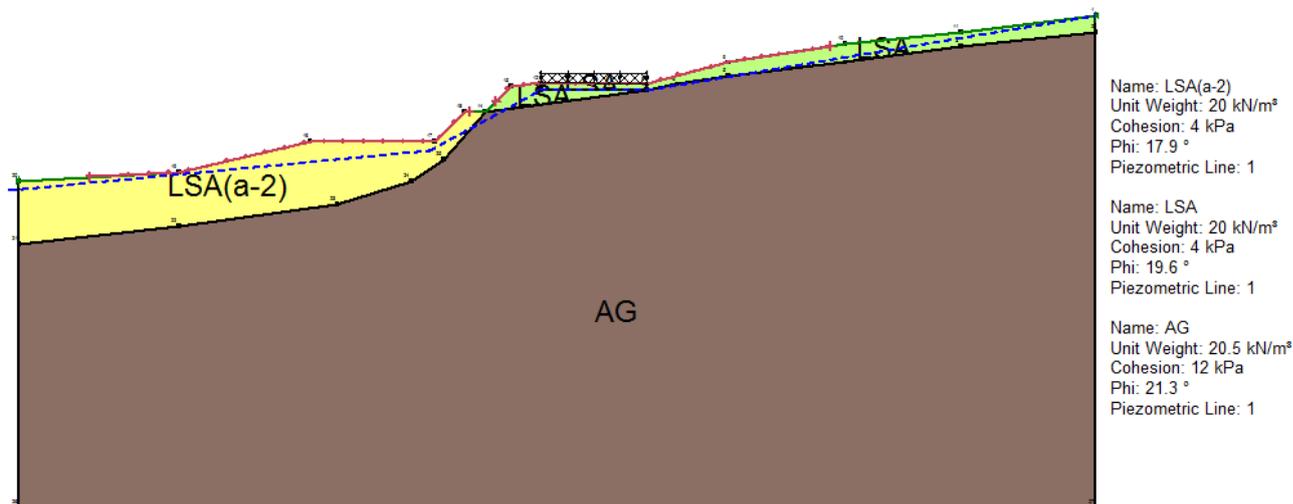


Figura 23: Spalla A. Modello di calcolo SlopeW.

### 10.5.2 Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati

I parametri geotecnici di riferimento per le verifiche, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio, sono riportati nella Tabella 8.

Tabella 8: Spalla A. Parametri geotecnici di riferimento per le verifiche di stabilità.

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kPa)
LSA (a-2)	20.0	22	5
LSA	20.0	24	5
AG	20.5	26	15

La falda di progetto è stata considerata prossima al piano campagna, poiché per la realizzazione della fondazione sono previsti scavi, localmente il profilo di falda tiene conto di questi elementi.

### 10.5.3 Risultati delle verifiche

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

- il fattore di sicurezza nei confronti della stabilità;
- i parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni (già fattorizzati secondo i parametri M2).

Dall'esame delle figure risulta che il fattore di sicurezza alla stabilità globale è sempre maggiore di quello minimo richiesto dalla norma:



## 10.6 PILA 1 – SCAVO PROVVISIONALE

### 10.6.1 Descrizione del modello di calcolo

Il modello di calcolo, relativo allo scavo provvisorio previsto in corrispondenza della Pila 1, è riportato nella figura seguente.

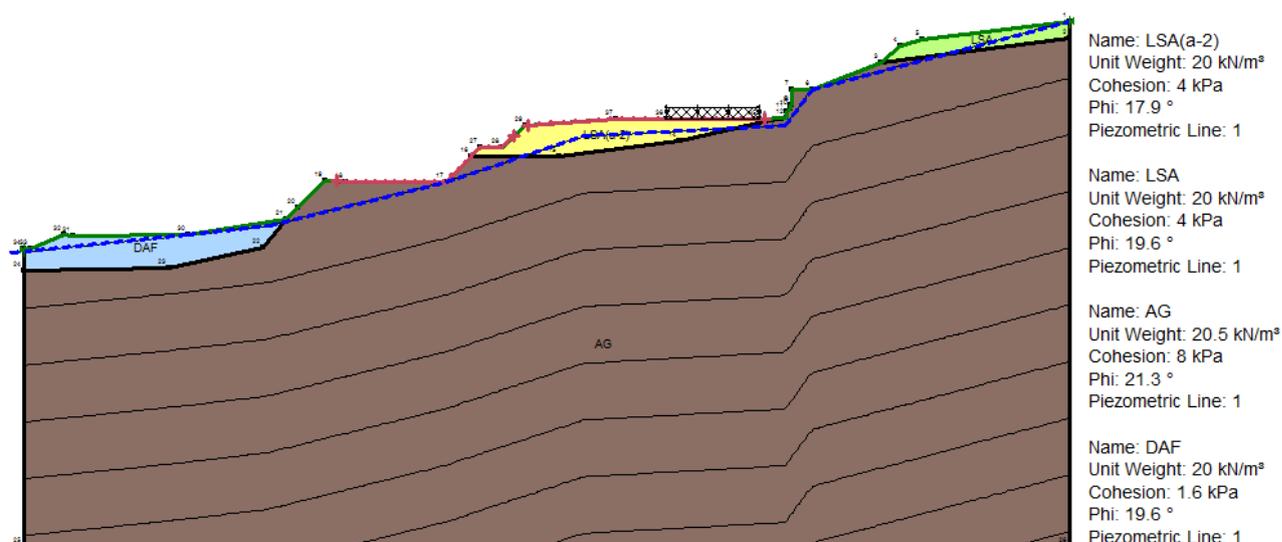


Figura 25: Pila 1. Modello di calcolo SlopeW.

### 10.6.2 Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati

I parametri geotecnici di riferimento per le verifiche, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio, sono riportati nella Tabella 9.

Tabella 9: Pila 1. Parametri geotecnici di riferimento per le verifiche di stabilità.

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kPa)
LSA (a-2)	20.0	22	5
LSA	20.0	24	5
DAF	20.0	24	2
AG	20.5	26	15

La falda di progetto è stata considerata prossima al piano campagna, poiché per la realizzazione della fondazione sono previsti scavi, localmente il profilo di falda tiene conto di questi elementi.

### 10.6.3 Risultati delle verifiche

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

- il fattore di sicurezza nei confronti della stabilità;
- i parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni (già fattorizzati secondo i parametri M2).

Dall'esame delle figure risulta che il fattore di sicurezza alla stabilità globale è sempre maggiore di quello minimo richiesto dalla norma:

$$FS \geq FS_{\min} = 1.1$$

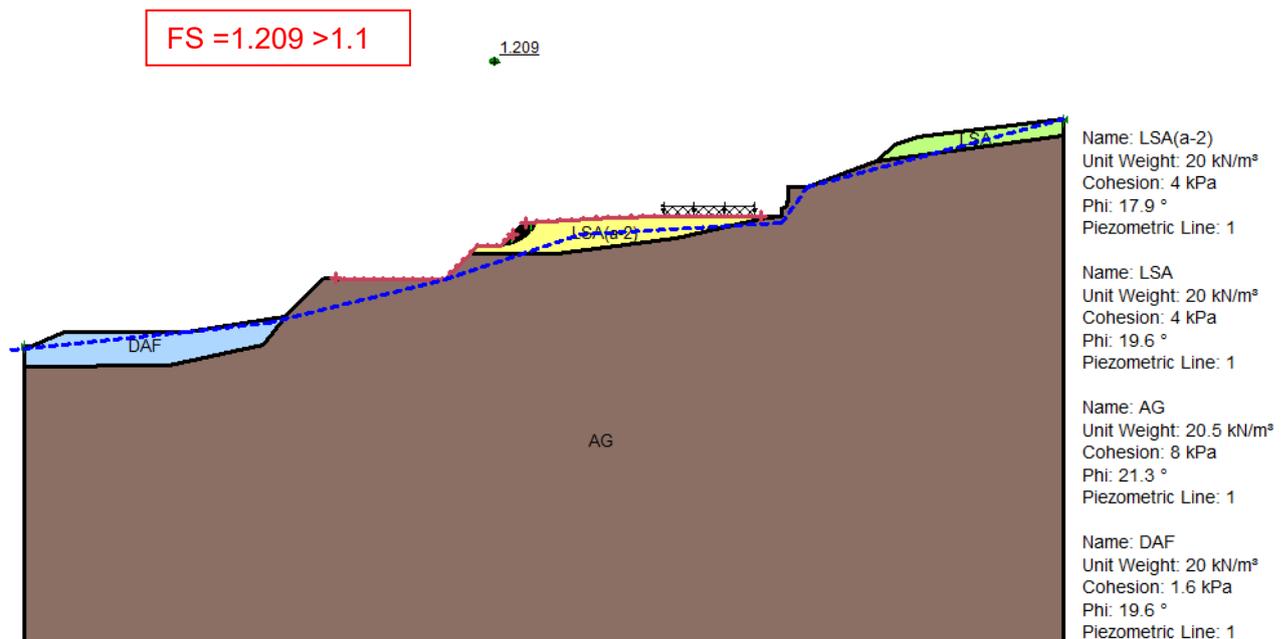


Figura 26: Pila 1. Condizione statica – Verifica di stabilità globale.

## 10.7 PILA 2 – SCAVO PROVVISIONALE

### 10.7.1 Descrizione del modello di calcolo

Il modello di calcolo, relativo allo scavo provvisorio previsto in corrispondenza della Pila 2, è riportato nella figura seguente.

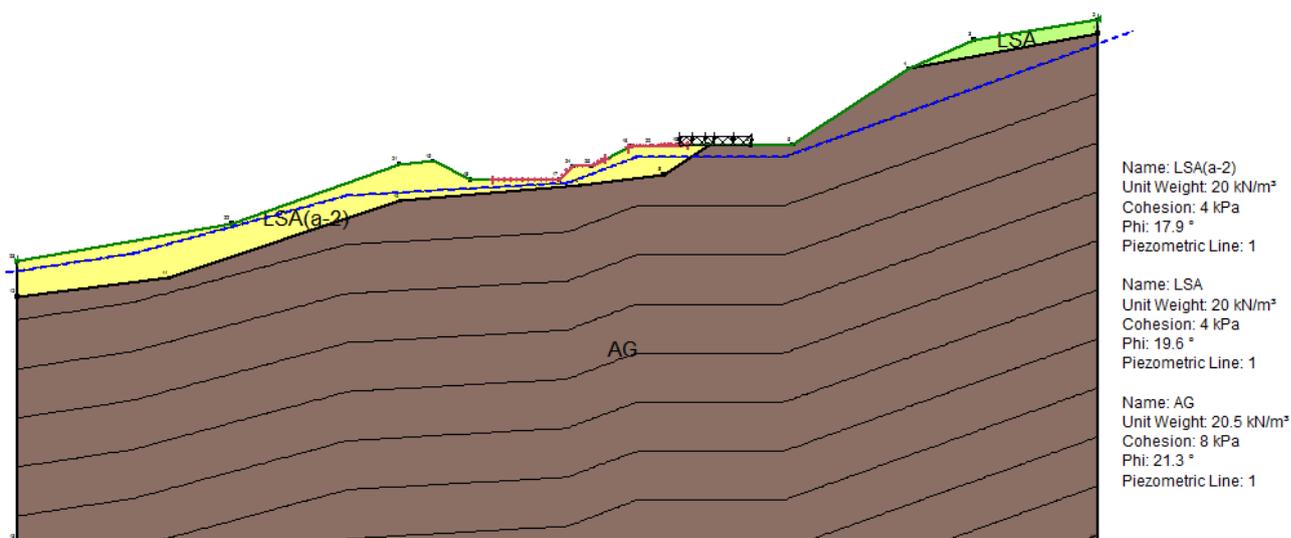


Figura 27: Pila 2. Modello di calcolo SlopeW.

### 10.7.2 Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati

I parametri geotecnici di riferimento per le verifiche, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio, sono riportati nella Tabella 10.

Tabella 10: Pila 2. Parametri geotecnici di riferimento per le verifiche di stabilità.

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kPa)
LSA (a-2)	20.0	22	5
LSA	20.0	24	5
AG	20.5	26	15

La falda di progetto è stata considerata prossima al piano campagna, poiché per la realizzazione della fondazione sono previsti scavi, localmente il profilo di falda tiene conto di questi elementi.

### 10.7.3 Risultati delle verifiche

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

- il fattore di sicurezza nei confronti della stabilità;
- i parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni (già fattorizzati secondo i parametri M2).

Dall'esame delle figure risulta che il fattore di sicurezza alla stabilità globale è sempre maggiore di quello minimo richiesto dalla norma:

$$FS \geq FS_{\min} = 1.1$$

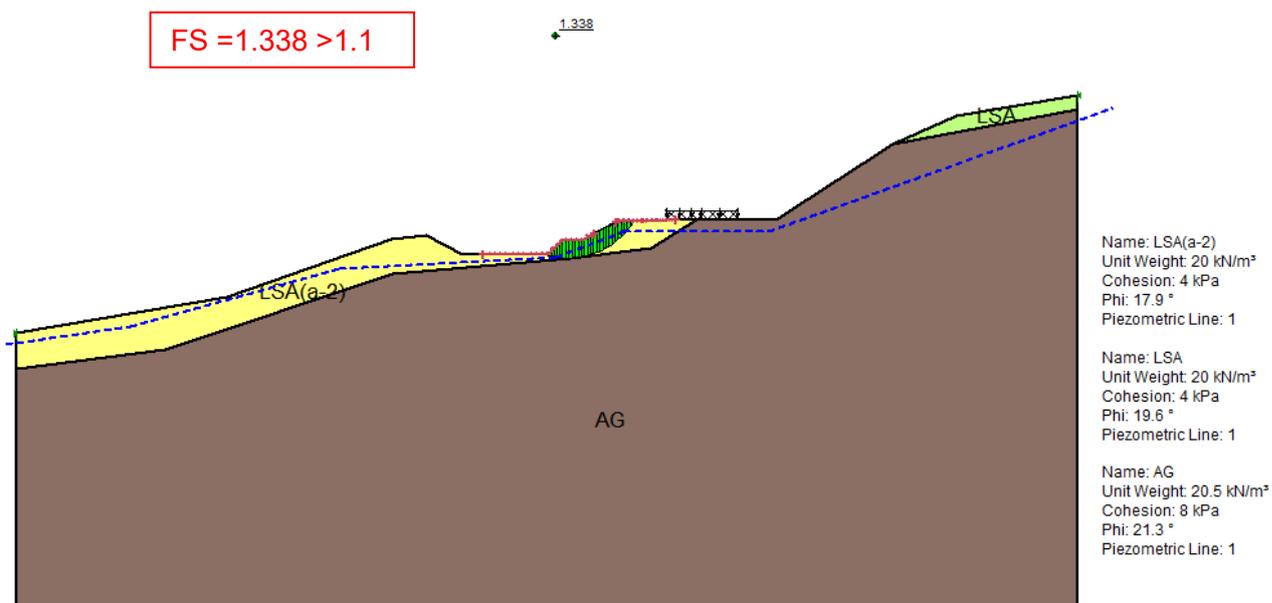


Figura 28: Pila 2. Condizione statica – Verifica di stabilità globale.

## 10.8 PILA 4 – SCAVO PROVVISORIO

### 10.8.1 Descrizione del modello di calcolo

Il modello di calcolo, relativo allo scavo provvisorio previsto in corrispondenza della Pila 4, è riportato nella figura seguente.

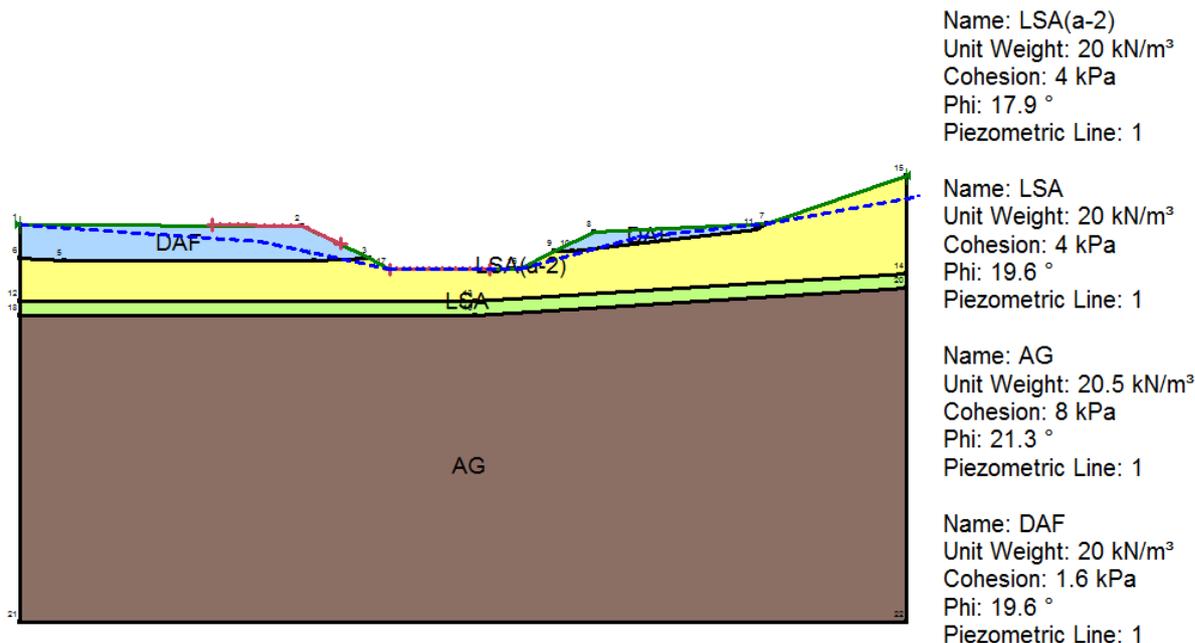


Figura 29: Pila 4. Modello di calcolo SlopeW.

### 10.8.2 Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati

I parametri geotecnici di riferimento per le verifiche, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio, sono riportati nella Tabella 11.

Tabella 11: Pila 4. Parametri geotecnici di riferimento per le verifiche di stabilità.

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kPa)
LSA (a-2)	20.0	22	5
LSA	20.0	24	5
DAF	20.0	24	2
AG	20.5	26	15

La falda di progetto è stata considerata prossima al piano campagna, poiché per la realizzazione della fondazione sono previsti scavi, localmente il profilo di falda tiene conto di questi elementi.

### 10.8.3 Risultati delle verifiche

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

- il fattore di sicurezza nei confronti della stabilità;
- i parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni (già fattorizzati secondo i parametri M2).

Dall'esame delle figure risulta che il fattore di sicurezza alla stabilità globale è sempre maggiore di quello minimo richiesto dalla norma:

$$FS \geq FS_{\min} = 1.1$$

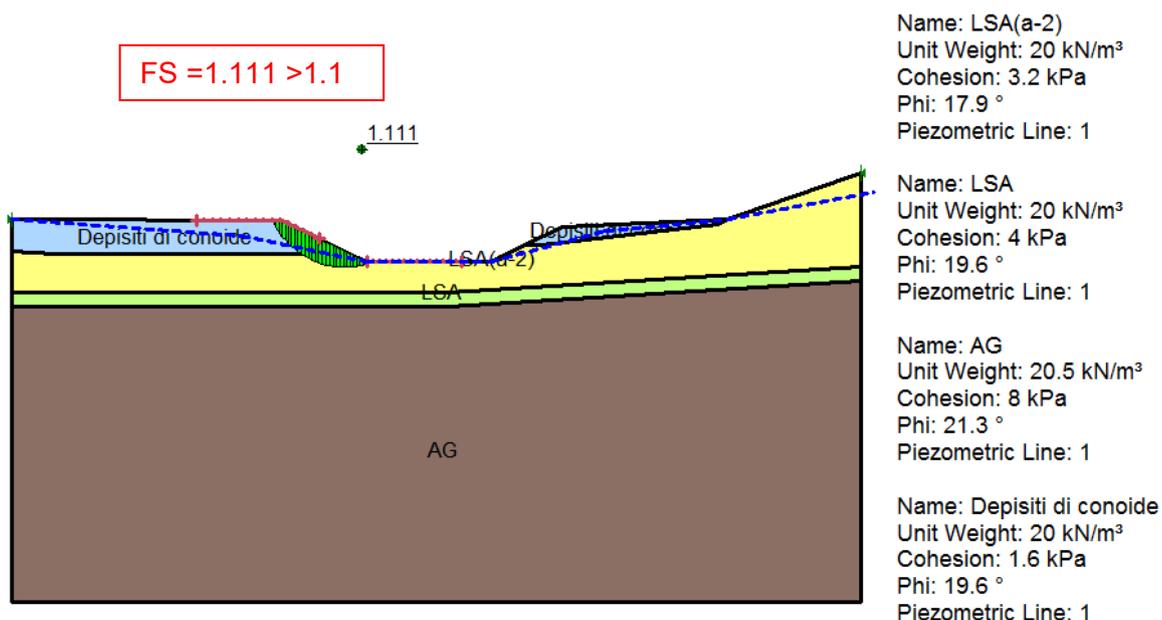


Figura 30: Pila 4. Condizione statica – Verifica di stabilità globale.

## 10.9 SPALLA B – SCAVO PROVVISORIO

### 10.9.1 Descrizione del modello di calcolo

Il modello di calcolo, relativo allo scavo provvisorio previsto in corrispondenza della Spalla B, è riportato nella figura seguente.

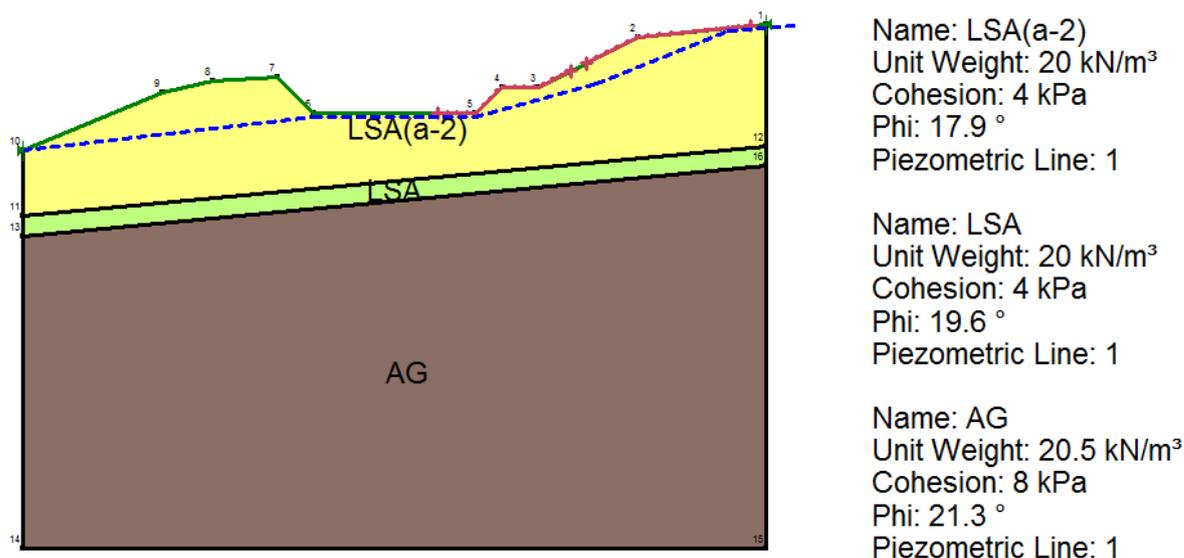


Figura 31: Spalla B. Modello di calcolo SlopeW.

### 10.9.2 Dati di input dei materiali e livelli piezometrici adottati

I parametri geotecnici di riferimento per le verifiche, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio, sono riportati nella Tabella 12.

Tabella 12: Spalla B. Parametri geotecnici di riferimento per le verifiche di stabilità.

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kPa)
LSA (a-2)	20.0	22	5
LSA	20.0	24	5
AG	20.5	26	15

La falda di progetto è stata considerata prossima al piano campagna, poiché per la realizzazione della fondazione sono previsti scavi, localmente il profilo di falda tiene conto di questi elementi.

### 10.9.3 Risultati delle verifiche

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

- il fattore di sicurezza nei confronti della stabilità;
- i parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni (già fattorizzati secondo i parametri M2).

Dall'esame delle figure risulta che il fattore di sicurezza alla stabilità globale è sempre maggiore di quello minimo richiesto dalla norma:

$$FS \geq FS_{\min} = 1.1$$

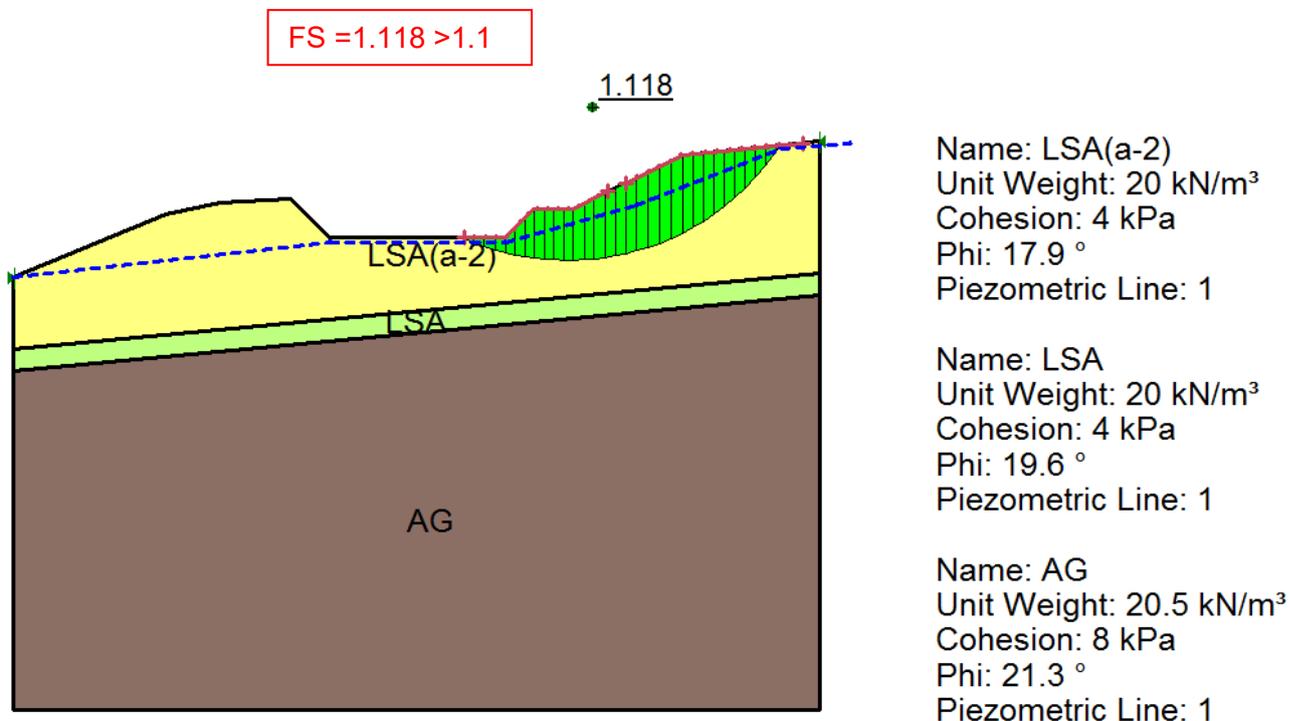


Figura 32: Spalla B. Condizione statica – Verifica di stabilità globale.

## 11 APPENDICE 1: REPORT VERIFICHE DI STABILITÀ

### 11.1 SPALLA A - REPORT DI VERIFICA DI FIGURA 24

#### Statica

Kind: **SLOPE/W**

Method: **Morgenstern-Price**

##### Settings

Apply Phreatic Correction: **No**

Side Function

Interslice force function option: **Half-Sine**

PWP Conditions Source: **Piezometric Line**

Use Staged Rapid Drawdown: **No**

##### Slip Surface

Direction of movement: **Right to Left**

Use Passive Mode: **No**

Slip Surface Option: **Entry and Exit**

Critical slip surfaces saved: **1**

Optimize Critical Slip Surface Location: **No**

Tension Crack

Tension Crack Option: **(none)**

##### FOS Distribution

FOS Calculation Option: **Constant**

##### Advanced

Number of Slices: **30**

Optimization Tolerance: **0.01**

Minimum Slip Surface Depth: **1 m**

Optimization Maximum Iterations: **2000**

Optimization Convergence Tolerance: **1e-007**

Starting Optimization Points: **8**

Ending Optimization Points: **16**

Complete Passes per Insertion: **1**

Driving Side Maximum Convex Angle: **5 °**

Resisting Side Maximum Convex Angle: **1 °**

#### Materials

##### LSA(a-2)

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **20 kN/m<sup>3</sup>**

Cohesion: **4 kPa**

Phi: **17.9 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

##### LSA

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **20 kN/m<sup>3</sup>**

Cohesion: **4 kPa**

Phi: **19.6 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

##### AG

Model: **Mohr-Coulomb**

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**

**V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali**

Unit Weight: 20.5 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 12 kPa  
 Phi: 21.3 °  
 Phi-B: 0 °  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

**Slip Surface Entry and Exit**

Left Projection: Range  
 Left-Zone Left Coordinate: (7, 33.39747) m  
 Left-Zone Right Coordinate: (45, 39.961) m  
 Left-Zone Increment: 20  
 Right Projection: Range  
 Right-Zone Left Coordinate: (47.58034, 41.000002) m  
 Right-Zone Right Coordinate: (81, 46.53734) m  
 Right-Zone Increment: 20  
 Radius Increments: 10

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate: (0, 33) m  
 Right Coordinate: (107.53662, 49.600735) m

**Piezometric Lines**

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	-1	32
	41	36
	52.13845	42.143867
	62.63845	42.143867
	107.53662	49.600735

**Surcharge Loads**

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m<sup>3</sup>  
 Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	52.13845	42.863867
	52.13845	43.863867
	62.63845	43.777378
	62.63845	42.777378

**Regions**

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	LSA	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	66.388891
Region 2	LSA	8,12,13,7	7.1059327
Region 3	LSA	7,14,15,12,13	16.921528
Region 4	LSA(a-2)	14,18,17,16,19,20,21,22,23,24,25	248.62923

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

Region 5	AG	21,26,27,2,3,4,5,6,7,14,25,24,23,22	4100.7341
----------	----	-------------------------------------	-----------

## Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	107.53662	49.600735
Point 2	107.53662	47.9818
Point 3	94.07537	46.523431
Point 4	82.46871	45.030381
Point 5	70.85932	43.513432
Point 6	65.66571	42.75421
Point 7	62.63845	42.143867
Point 8	62.63845	42.777378
Point 9	70.85932	45
Point 10	82.46871	46.759998
Point 11	94.07537	48
Point 12	52.13845	42.863867
Point 13	52.13845	42.143867
Point 14	46.54134	39.961
Point 15	49.09976	42.519425
Point 16	29.12895	36.958067
Point 17	41.54134	36.961
Point 18	44.54134	39.961
Point 19	15.8991	33.902773
Point 20	0	33
Point 21	0	26.623525
Point 22	15.8991	28.384991
Point 23	31.72845	30.594602
Point 24	39.12026	32.91849
Point 25	42.3676	35.127018
Point 26	0	0
Point 27	107.53662	0

## Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	3977	1.116	(43.053, 49.118)	12.465	(53.8274, 42.85)	(40.3019, 36.9607)

## Slices of Slip Surface: 3977

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	3977	40.476395	36.923825	-9.5490967	1.8187541	0.58744157	4
2	3977	40.825465	36.855235	-8.5503186	3.6642209	1.1835111	4
3	3977	41.27067	36.78441	-6.2285567	5.7413222	1.8543965	4
4	3977	41.71432	36.7266	-3.2617098	11.452194	3.6989578	4
5	3977	42.060285	36.694085	-1.0713221	20.464378	6.609814	4
6	3977	42.477705	36.66896	1.433087	30.899622	9.5174315	4

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

7	3977	42.96657	36.65596	4.2051159	42.319118	12.310487	4
8	3977	43.455435	36.66215	6.7888757	52.704459	14.830329	4
9	3977	43.91024	36.68454	9.0294396	65.766948	22.12103	12
10	3977	44.330975	36.720725	10.950629	73.3281	24.31996	12
11	3977	44.795835	36.778345	12.900084	74.784733	24.127816	12
12	3977	45.29883	36.859805	14.822214	70.371524	21.657771	12
13	3977	45.795835	36.96139	16.514562	65.152647	18.963197	12
14	3977	46.29284	37.08435	17.997096	59.356942	16.12553	12
15	3977	46.758765	37.21896	19.197328	57.526333	14.943855	12
16	3977	47.19361	37.36325	20.134602	59.431857	15.32136	12
17	3977	47.628455	37.52564	20.894427	60.8058	15.560794	12
18	3977	48.063305	37.70691	21.46925	61.754625	15.706611	12
19	3977	48.49815	37.907975	21.850271	62.373494	15.799345	12
20	3977	48.907665	38.115795	22.026446	62.735744	15.871892	12
21	3977	49.31681	38.344195	22.000415	59.990811	14.811837	12
22	3977	49.75091	38.608705	21.753848	54.423473	12.737355	12
23	3977	50.18501	38.898495	21.260048	48.963851	10.801262	12
24	3977	50.619105	39.215795	20.495922	43.541707	8.9851762	12
25	3977	51.0532	39.56336	19.435992	38.057736	7.2603145	12
26	3977	51.4873	39.944645	18.045224	32.378298	5.5882319	12
27	3977	51.9214	40.36408	16.280382	26.328583	3.9176296	12
28	3977	52.21026	40.66172	14.535638	38.903415	9.5005993	12
29	3977	52.557655	41.06471	10.583329	37.798359	9.6908361	4
30	3977	53.10882	41.766905	3.6968393	27.713713	8.552024	4
31	3977	53.605915	42.49691	-3.4623409	17.409477	6.1992358	4

## 11.2 PILA 1 - REPORT DI VERIFICA DI FIGURA 26

### Statica

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

#### Settings

Apply Phreatic Correction: No

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

#### Slip Surface

Direction of movement: Right to Left

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Entry and Exit

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

#### FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

#### Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007  
Starting Optimization Points: 8  
Ending Optimization Points: 16  
Complete Passes per Insertion: 1  
Driving Side Maximum Convex Angle: 5 °  
Resisting Side Maximum Convex Angle: 1 °

## Materials

### LSA(a-2)

Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 4 kPa  
Phi: 17.9 °  
Phi-B: 0 °  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: 1

### LSA

Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 4 kPa  
Phi: 19.6 °  
Phi-B: 0 °  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: 1

### DAF

Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 1.6 kPa  
Phi: 19.6 °  
Phi-B: 0 °  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: 1

### AG

Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20.5 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 12 kPa  
Phi: 21.3 °  
Phi-B: 0 °  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: 1

## Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range  
Left-Zone Left Coordinate: (55, 28.97862) m  
Left-Zone Right Coordinate: (70.87017, 33.000004) m  
Left-Zone Increment: 20  
Right Projection: Range  
Right-Zone Left Coordinate: (72.08155, 34) m  
Right-Zone Right Coordinate: (93.15852, 34.60095) m  
Right-Zone Increment: 20  
Radius Increments: 10

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

## Slip Surface Limits

Left Coordinate: (27.15517, 22.845791) m

Right Coordinate: (120.33102, 43.375421) m

## Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	26	22.5
	41.75539	24.114295
	49	25
	64.83102	28.960853
	77	33
	95	34
	97.34654	37.244997
	120.33102	43.375421

## Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	84.43102	34.586866
	84.43102	35.586866
	92.63102	35.597369
	92.63102	34.597369

## Regions

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	LSA	1,2,3,4,5	24.356319
Region 2	AG	3,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,2	3259.1348
Region 3	DAF	21,30,31,32,33,34,24,23,22	59.881864
Region 4	LSA(a-2)	12,35,36,37,29,28,27,16,15,14,13	50.104022

## Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	120.33102	43.375421
Point 2	120.33102	41.875421
Point 3	103.53678	39.650622
Point 4	105.27717	41.114295
Point 5	107.16686	41.758345
Point 6	97.34654	37.244997
Point 7	95.62366	37.244997
Point 8	95.60633	35.885494
Point 9	95.46305	35.883897

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

Point 10	95.44656	35.506315
Point 11	95.07929	35.275922
Point 12	95.06847	34.613916
Point 13	93.56865	34.469206
Point 14	85.5214	32.606631
Point 15	74.83102	31.210363
Point 16	67.04532	31.175154
Point 17	64.83102	28.960853
Point 18	55.83102	28.960853
Point 19	54	29
Point 20	51.62696	26.627958
Point 21	50.50173	25.517975
Point 22	48.50068	22.976702
Point 23	40.09959	21.156436
Point 24	27.15517	20.986448
Point 25	27.15517	-3.913908
Point 26	120.33102	-3.913908
Point 27	67.83102	31.960853
Point 28	69.83102	31.960853
Point 29	71.85419	33.984026
Point 30	41.75539	24.114295
Point 31	31.51191	24.104513
Point 32	30.70871	24.1813
Point 33	27.78359	22.845791
Point 34	27.15517	22.845791
Point 35	92.63102	34.597369
Point 36	84.43102	34.586866
Point 37	79.89552	34.548993

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	4175	1.209	(69.642, 35.899)	3.94	(73.1338, 34.0739)	(69.8345, 31.9644)

Slices of Slip Surface: 4175

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	4175	69.89063	31.9679	-13.020039	0.98633154	0.31857641	4
2	4175	70.00283	31.976595	-12.74008	3.2492308	1.0494729	4
3	4175	70.115035	31.98853	-12.492523	5.432686	1.7547098	4
4	4175	70.22724	32.00373	-12.275649	7.5038516	2.423678	4
5	4175	70.33944	32.022235	-12.091904	9.4331761	3.0468329	4
6	4175	70.451645	32.044095	-11.940887	11.195127	3.6159274	4
7	4175	70.56385	32.069365	-11.823639	12.77161	4.1251177	4
8	4175	70.676055	32.098115	-11.740929	14.152412	4.5711045	4
9	4175	70.78826	32.130425	-11.692316	15.334227	4.9528204	4
10	4175	70.90046	32.166385	-11.679603	16.320532	5.2713883	4
11	4175	71.012665	32.2061	-11.704091	17.121213	5.5300011	4

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

12	4175	71.12487	32.2497	-11.76661	17.751479	5.7335716	4
13	4175	71.23707	32.297325	-11.868196	18.228923	5.8877816	4
14	4175	71.349275	32.34913	-12.010808	18.572454	5.9987393	4
15	4175	71.46148	32.405305	-12.196308	18.801982	6.0728748	4
16	4175	71.57368	32.466065	-12.42704	18.93807	6.1168299	4
17	4175	71.685885	32.53166	-12.705517	18.9977	6.13609	4
18	4175	71.79809	32.60238	-13.033311	18.996468	6.135692	4
19	4175	71.907505	32.67653	-13.404966	18.219582	5.8847646	4
20	4175	72.014135	32.754205	-13.819533	16.710583	5.3973712	4
21	4175	72.12077	32.837565	-14.289484	15.203579	4.9106223	4
22	4175	72.227405	32.927085	-14.820759	13.685001	4.4201348	4
23	4175	72.334035	33.023345	-15.417314	12.138841	3.9207387	4
24	4175	72.440665	33.127055	-16.087279	10.54224	3.4050508	4
25	4175	72.5473	33.239085	-16.839116	8.8654594	2.8634653	4
26	4175	72.653935	33.36054	-17.682794	7.0717878	2.2841252	4
27	4175	72.760565	33.49286	-18.633572	5.112257	1.651214	4
28	4175	72.867195	33.637965	-19.709654	2.9220407	0.94379343	4
29	4175	72.973825	33.798535	-20.937301	0.41068706	0.13264831	4
30	4175	73.08046	33.978505	-22.354692	-2.5538809	-0.82488107	4

### 11.3 PILA 2 - REPORT DI VERIFICA DI FIGURA 28

#### Statica

Kind: **SLOPE/W**

Method: **Morgenstern-Price**

##### Settings

Apply Phreatic Correction: **No**

Side Function

Interslice force function option: **Half-Sine**

PWP Conditions Source: **Piezometric Line**

Use Staged Rapid Drawdown: **No**

##### Slip Surface

Direction of movement: **Right to Left**

Use Passive Mode: **No**

Slip Surface Option: **Entry and Exit**

Critical slip surfaces saved: **1**

Optimize Critical Slip Surface Location: **No**

Tension Crack

Tension Crack Option: **(none)**

##### FOS Distribution

FOS Calculation Option: **Constant**

##### Advanced

Number of Slices: **30**

Optimization Tolerance: **0.01**

Minimum Slip Surface Depth: **1 m**

Optimization Maximum Iterations: **2000**

Optimization Convergence Tolerance: **1e-007**

Starting Optimization Points: **8**

Ending Optimization Points: **16**

Complete Passes per Insertion: **1**

Driving Side Maximum Convex Angle: **5 °**

Resisting Side Maximum Convex Angle: **1 °**

#### Materials

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**

**LSA(a-2)**

Model: [Mohr-Coulomb](#)  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 4 kPa  
Phi: 17.9 °  
Phi-B: 0 °  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: 1

**LSA**

Model: [Mohr-Coulomb](#)  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 4 kPa  
Phi: 19.6 °  
Phi-B: 0 °  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: 1

**AG**

Model: [Mohr-Coulomb](#)  
Unit Weight: 20.5 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 12 kPa  
Phi: 21.3 °  
Phi-B: 0 °  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: 1

**Slip Surface Entry and Exit**

Left Projection: [Range](#)  
Left-Zone Left Coordinate: (49, 37.602013) m  
Left-Zone Right Coordinate: (60.6, 39.746675) m  
Left-Zone Increment: 20  
Right Projection: [Range](#)  
Right-Zone Left Coordinate: (63, 40.949792) m  
Right-Zone Right Coordinate: (69.19322, 41.203734) m  
Right-Zone Increment: 20  
Radius Increments: 10

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate: (0, 29.20972) m  
Right Coordinate: (111.31713, 54.345718) m

**Piezometric Lines**

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	-1	28
	12	30
	34	36
	56.7	37.3
	63.8	40
	79	40
	115	53

**Surcharge Loads**

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**

**V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoriali**

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m<sup>3</sup>  
 Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	68.29808	41.203734
	68.29808	42.203734
	75.71258	42.149434
	75.71258	41.149434

Regions

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	LSA	1,2,3,4	25.723258
Region 2	AG	4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,1	4234.6246
Region 3	LSA(a-2)	7,19,20,16,25,24,17,18,15,21,22,23,12,11,10,9,8	220.40134

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	111.31713	52.845718
Point 2	111.31713	54.345718
Point 3	98.62373	52.160767
Point 4	91.92779	49.246433
Point 5	79.92774	41.357244
Point 6	75.71258	41.149434
Point 7	71.36441	41.203734
Point 8	66.59571	38.152249
Point 9	58.12081	37.089269
Point 10	39.42185	35.462421
Point 11	15.67577	27.449662
Point 12	0	25.497722
Point 13	0	0
Point 14	111.31713	0
Point 15	42.9442	39.5362
Point 16	63.16	41.03
Point 17	55.81258	37.602013
Point 18	46.81258	37.602013
Point 19	68.29808	41.203734
Point 20	65.5642	41.110217
Point 21	39.29686	39.160767
Point 22	22.13463	33.121581
Point 23	0	29.20972
Point 24	57.31	39.1
Point 25	59.31	39.1

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
--	--------------	-----	------------	------------	-----------	----------

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

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoria

1	2382	1.338	(57.841, 45.372)	8.211	(64.8446, 41.0862)	(55.1868, 37.602)
---	------	-------	------------------	-------	--------------------	-------------------

Slices of Slip Surface: 2382

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	2382	55.34327	37.55204	-3.2336989	2.2815221	0.73691156	4
2	2382	55.656145	37.458875	-2.1443901	4.5138082	1.4579203	4
3	2382	55.965625	37.379765	-1.1947163	9.9000957	3.1976438	4
4	2382	56.27171	37.314045	-0.37827382	18.475322	5.9673663	4
5	2382	56.562375	37.262535	0.29012116	26.361829	8.4209323	4
6	2382	56.8525	37.22233	1.3304105	33.824161	10.495196	4
7	2382	57.1575	37.19109	2.7742981	41.181064	12.405047	4
8	2382	57.476665	37.17094	4.1622922	44.646938	13.076184	4
9	2382	57.81	37.1629	5.4842611	44.213686	12.509263	4
10	2382	58.143335	37.16841	6.6731723	43.224672	11.805813	4
11	2382	58.476665	37.18749	7.7293316	41.748321	10.987834	4
12	2382	58.81	37.22024	8.6511066	39.847521	10.076167	4
13	2382	59.143335	37.26683	9.437567	37.596836	9.095196	4
14	2382	59.470415	37.326095	10.076204	36.670735	8.5897994	4
15	2382	59.79125	37.39781	10.569248	37.025218	8.5450455	4
16	2382	60.112085	37.48322	10.928135	37.078083	8.446203	4
17	2382	60.432915	37.58278	11.148421	36.870587	8.3080333	4
18	2382	60.75375	37.69704	11.224495	36.440706	8.1446142	4
19	2382	61.074585	37.826665	11.149599	35.814056	7.9664023	4
20	2382	61.395415	37.972465	10.916265	35.015548	7.7838564	4
21	2382	61.71625	38.135425	10.514677	34.046924	7.6007086	4
22	2382	62.037085	38.316735	9.9331104	32.913022	7.4223092	4
23	2382	62.357915	38.517855	9.1571683	31.597891	7.2481561	4
24	2382	62.67875	38.740595	8.1692973	30.070508	7.0738982	4
25	2382	62.999585	38.98723	6.9472595	28.283626	6.8914585	4
26	2382	63.32	39.260275	5.4644275	25.027841	6.3188104	4
27	2382	63.64	39.563445	3.6846256	20.219109	5.3404927	4
28	2382	63.925355	39.86159	1.3573893	15.391956	4.5330416	4
29	2382	64.24919	40.248235	-2.4344894	9.3109978	3.0073703	4
30	2382	64.646145	40.79134	-7.7606791	1.0291445	0.33240463	4

## 11.4 PILA 4 - REPORT DI VERIFICA DI FIGURA 30

### Statica

Kind: [SLOPE/W](#)  
Method: [Morgenstern-Price](#)  
Settings  
Apply Phreatic Correction: [No](#)  
Side Function  
Interslice force function option: [Half-Sine](#)  
PWP Conditions Source: [Piezometric Line](#)  
Use Staged Rapid Drawdown: [No](#)  
Slip Surface  
Direction of movement: [Right to Left](#)  
Use Passive Mode: [No](#)  
Slip Surface Option: [Entry and Exit](#)  
Critical slip surfaces saved: [1](#)  
Optimize Critical Slip Surface Location: [No](#)  
Tension Crack  
Tension Crack Option: [\(none\)](#)  
FOS Distribution  
FOS Calculation Option: [Constant](#)  
Advanced  
Number of Slices: [30](#)  
Optimization Tolerance: [0.01](#)  
Minimum Slip Surface Depth: [1 m](#)  
Optimization Maximum Iterations: [2000](#)  
Optimization Convergence Tolerance: [1e-007](#)  
Starting Optimization Points: [8](#)  
Ending Optimization Points: [16](#)  
Complete Passes per Insertion: [1](#)  
Driving Side Maximum Convex Angle: [5 °](#)  
Resisting Side Maximum Convex Angle: [1 °](#)

### Materials

#### LSA(a-2)

Model: [Mohr-Coulomb](#)  
Unit Weight: [20 kN/m<sup>3</sup>](#)  
Cohesion: [4 kPa](#)  
Phi: [17.9 °](#)  
Phi-B: [0 °](#)  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: [1](#)

#### LSA

Model: [Mohr-Coulomb](#)  
Unit Weight: [20 kN/m<sup>3</sup>](#)  
Cohesion: [4 kPa](#)  
Phi: [19.6 °](#)  
Phi-B: [0 °](#)  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: [1](#)

#### DAF

Model: [Mohr-Coulomb](#)  
Unit Weight: [20 kN/m<sup>3</sup>](#)  
Cohesion: [1.6 kPa](#)  
Phi: [19.6 °](#)  
Phi-B: [0 °](#)  
Pore Water Pressure  
Piezometric Line: [1](#)

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

**PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO**

AG

Model: [Mohr-Coulomb](#)  
 Unit Weight: 20.5 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 12 kPa  
 Phi: 21.3 °  
 Phi-B: 0 °  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

**Slip Surface Entry and Exit**

Left Projection: [Range](#)  
 Left-Zone Left Coordinate: (-12.14983, 2.989196) m  
 Left-Zone Right Coordinate: (-3.362437, 1.666743) m  
 Left-Zone Increment: 15  
 Right Projection: [Range](#)  
 Right-Zone Left Coordinate: (0.1, 0) m  
 Right-Zone Right Coordinate: (6.9, 0) m  
 Right-Zone Increment: 15  
 Radius Increments: 10

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate: (-25.380625, 3.05201) m  
 Right Coordinate: (35.540945, 6.456865) m

**Piezometric Lines**

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	-25.380625	3.05201
	-8.9	1.9
	0	0
	9.000003	0
	17.2	2.2
	25.950767	3.085345
	36.4	5

**Regions**

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	Depisiti di conoide	1,2,3,4,5,6	53.455687
Region 2	Depisiti di conoide	7,8,9,10,11	10.351323
Region 3	LSA(a-2)	6,12,13,14,15,7,11,10,9,16,17,3,4,5	197.2195
Region 4	LSA	12,18,19,20,14,13	61.888731
Region 5	AG	18,21,22,20,19	1324.9098

**Points**

	X (m)	Y (m)
Point 1	-25.380625	3.05201
Point 2	-6	2.96
Point 3	-1.35	0.68
Point 4	-5.170872	0.525398

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoria

Point 5	-22.340122	0.525398
Point 6	-25.380625	0.752051
Point 7	25.950767	3.085345
Point 8	14.13	2.56
Point 9	11.37	1.19
Point 10	12.553556	1.232714
Point 11	25.262662	2.666414
Point 12	-25.380625	-2.241925
Point 13	5.935645	-2.241925
Point 14	35.540945	-0.320486
Point 15	35.540945	6.456865
Point 16	9.000003	0
Point 17	0	0
Point 18	-25.380625	-3.241925
Point 19	5.935645	-3.241925
Point 20	35.540945	-1.385823
Point 21	-25.380625	-24.538727
Point 22	35.540945	-24.538727

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	1602	1.111	(-1.496, 5.338)	5.718	(-6.69742, 2.96331)	(0.553333, 0)

Slices of Slip Surface: 1602

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	1602	-6.5811805	2.7361385	-13.054767	1.0483863	0.37331358	1.6
2	1602	-6.348708	2.321949	-9.4795242	6.5071676	2.3170982	1.6
3	1602	-6.116236	1.9752325	-6.5658659	11.172958	3.9785114	1.6
4	1602	-5.898245	1.6926515	-4.2511983	14.434017	5.1397223	1.6
5	1602	-5.6947345	1.459611	-2.3917447	16.450976	5.8579289	1.6
6	1602	-5.491224	1.2500065	-0.76223128	18.239783	6.4948947	1.6
7	1602	-5.260904	1.0379954	0.83476758	20.153921	6.8792411	1.6
8	1602	-5.003774	0.8254909	2.3804713	22.131595	7.0330586	1.6
9	1602	-4.746644	0.6366587	3.694081	23.849662	7.1770797	1.6
10	1602	-4.494848	0.4718225	4.7833387	25.181612	6.5884627	3.2
11	1602	-4.2483855	0.32817665	5.6762012	26.565987	6.747217	3.2
12	1602	-4.0019225	0.2003665	6.4135198	27.812219	6.9115916	3.2
13	1602	-3.75546	0.087231425	7.0071253	28.922607	7.0785079	3.2
14	1602	-3.5089975	-0.01216245	7.4658974	29.886375	7.2416169	3.2
15	1602	-3.262535	-0.098570975	7.797104	30.681369	7.3914161	3.2
16	1602	-3.0160725	-0.1726066	8.0072719	31.272246	7.5143818	3.2
17	1602	-2.764271	-0.23585495	8.1004729	31.616189	7.5953693	3.2
18	1602	-2.507131	-0.288217	8.0754804	31.644339	7.6125339	3.2
19	1602	-2.249991	-0.3284323	7.9315577	31.278286	7.5407877	3.2
20	1602	-1.9928505	-0.3567588	7.670937	30.452457	7.3582306	3.2

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

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali

21	1602	-1.73571	-0.37337365	7.2954299	29.109061	7.0456108	3.2
22	1602	-1.47857	-0.37837925	6.8063719	27.204876	6.5885374	3.2
23	1602	-1.2375	-0.3728965	6.2478272	24.866548	6.0136829	3.2
24	1602	-1.0125	-0.35825675	5.6330818	22.182474	5.345308	3.2
25	1602	-0.7875	-0.33465835	4.9305859	19.081985	4.5707773	3.2
26	1602	-0.5625	-0.3019887	4.1392909	15.610749	3.7051801	3.2
27	1602	-0.3375	-0.26008875	3.2572984	11.828935	2.7685631	3.2
28	1602	-0.1125	-0.20874895	2.2827348	7.8105022	1.7854202	3.2
29	1602	0.13833335	-0.13941549	1.3672464	4.6865638	1.0721103	3.2
30	1602	0.415	-0.04907069	0.48123402	2.4237816	0.62742578	3.2

## 11.5 SPALLA B - REPORT DI VERIFICA DI FIGURA 30

### Statica

Kind: **SLOPE/W**

Method: **Morgenstern-Price**

Settings

Apply Phreatic Correction: **No**

Side Function

Interslice force function option: **Half-Sine**

PWP Conditions Source: **Piezometric Line**

Use Staged Rapid Drawdown: **No**

Slip Surface

Direction of movement: **Right to Left**

Use Passive Mode: **No**

Slip Surface Option: **Entry and Exit**

Critical slip surfaces saved: **1**

Optimize Critical Slip Surface Location: **No**

Tension Crack

Tension Crack Option: **(none)**

FOS Distribution

FOS Calculation Option: **Constant**

Advanced

Number of Slices: **30**

Optimization Tolerance: **0.01**

Minimum Slip Surface Depth: **1 m**

Optimization Maximum Iterations: **2000**

Optimization Convergence Tolerance: **1e-007**

Starting Optimization Points: **8**

Ending Optimization Points: **16**

Complete Passes per Insertion: **1**

Driving Side Maximum Convex Angle: **5 °**

Resisting Side Maximum Convex Angle: **1 °**

### Materials

LSA(a-2)

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **20 kN/m<sup>3</sup>**

Cohesion: **4 kPa**

Phi: **17.9 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

LSA

Model: **Mohr-Coulomb**

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**

**V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali**

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 4 kPa  
 Phi: 19.6 °  
 Phi-B: 0 °  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

**DAF**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 1.6 kPa  
 Phi: 19.6 °  
 Phi-B: 0 °  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

**AG**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 20.5 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion: 12 kPa  
 Phi: 21.3 °  
 Phi-B: 0 °  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

**Slip Surface Entry and Exit**

Left Projection: Range  
 Left-Zone Left Coordinate: (6.4, 0) m  
 Left-Zone Right Coordinate: (13.771927, 2.38937) m  
 Left-Zone Increment: 15  
 Right Projection: Range  
 Right-Zone Left Coordinate: (14.699863, 2.852508) m  
 Right-Zone Right Coordinate: (23.802635, 4.90407) m  
 Right-Zone Increment: 15  
 Radius Increments: 10

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate: (-16.737339, -2.029586) m  
 Right Coordinate: (24.63056, 4.985772) m

**Piezometric Lines**

Piezometric Line 1

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	-16.737339	-2.029586
	-0.5	-0.2
	8.494935	-0.2
	15.2	1.7
	22.6	4.6
	26.2	4.9

**Regions**

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	LSA(a-2)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	219.71567

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

V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisoria

Region 2	AG	13,14,15,16	807.21235
Region 3	LSA	11,13,16,12	46.154889

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	24.63056	4.985772
Point 2	17.58	4.29
Point 3	11.99	1.5
Point 4	9.99	1.5
Point 5	8.494935	0
Point 6	-0.5	0
Point 7	-2.558936	2.055927
Point 8	-6.117386	1.835978
Point 9	-8.937364	1.211235
Point 10	-16.737339	-2.029586
Point 11	-16.737339	-5.757677
Point 12	24.63056	-1.811746
Point 13	-16.737339	-6.872413
Point 14	-16.737339	-24.413442
Point 15	24.63056	-24.413442
Point 16	24.63056	-2.928445

Critical Slip Surfaces

	Slip Surface	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	149	1.118	(11.719, 11.692)	12.845	(22.5458, 4.78004)	(6.4, 0)

Slices of Slip Surface: 149

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	149	6.6317965	-0.1	-0.98070051	4.2604966	1.3761029	4
2	149	7.135483	-0.30388725	1.0188216	9.0896519	2.6068072	4
3	149	7.6792635	-0.4978797	2.9212862	13.696268	3.4802242	4
4	149	8.2230445	-0.66490725	4.5593493	17.732376	4.2547716	4
5	149	8.7441125	-0.8011645	6.5880756	26.791508	6.5255307	4
6	149	9.2424675	-0.90947005	9.0350628	40.861371	10.279617	4
7	149	9.7408225	-0.99728635	11.2813	54.235494	13.873827	4
8	149	10.24	-1.065116	13.333688	61.047094	15.41101	4
9	149	10.74	-1.113214	15.194855	61.368901	14.91381	4
10	149	11.24	-1.1416595	16.863456	60.943559	14.237485	4
11	149	11.74	-1.1505825	18.340374	59.829916	13.400757	4
12	149	12.2575	-1.138948	19.664934	60.858583	13.305186	4
13	149	12.7925	-1.105283	20.820338	63.88219	13.908599	4
14	149	13.3275	-1.049074	21.756288	66.123761	14.330303	4
15	149	13.8625	-0.9700206	22.467268	67.657971	14.5962	4
16	149	14.3975	-0.86769025	22.951188	68.566561	14.733364	4
17	149	14.9325	-0.74150715	23.200277	68.927626	14.769531	4

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**

**V7 – Viadotto Baucina – Relazione opere provvisionali**

18	149	15.4975	-0.58077835	23.51096	68.782048	14.622163	4
19	149	16.0925	-0.38141935	23.84194	68.167912	14.316899	4
20	149	16.6875	-0.14882035	23.847829	67.139046	13.982682	4
21	149	17.2825	0.11902945	23.508658	65.736388	13.639185	4
22	149	17.846	0.40645905	22.854717	62.341258	12.753805	4
23	149	18.378	0.7121935	21.90161	57.072442	11.359869	4
24	149	18.91	1.0533118	20.600212	51.579954	10.006184	4
25	149	19.442	1.4333595	18.918691	45.773982	8.6740226	4
26	149	19.974	1.856874	16.80929	39.525948	7.3372805	4
27	149	20.506	2.3297925	14.21575	32.666619	5.9594686	4
28	149	21.038	2.860118	11.059813	24.969433	4.4926849	4
29	149	21.569995	3.459065	7.2305361	16.113932	2.8692585	4
30	149	22.10199	4.1432105	2.5657433	5.6400591	0.99297695	4
31	149	22.45691	4.6445615	-0.98694035	-1.979928	-0.63949931	4