

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

**SISTEMAZIONE SUPERFICIE E STRADA DI ACCESSO POZZO DI
VENTILAZIONE FINESTRA CASTAGNOLA**

Geotecnica

Relazione di verifica stabilità delle trincee

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing.P.P.Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R O	I N 9 D 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	ALPINA <i>Adriano...</i>	27/09/2013	COCIV <i>[Signature]</i>	27/09/2013	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/09/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Alto Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:

File: IG51-02-E-CV-RO-IN9D-00-001-A00.DOCX

CUP: F81H9200000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-IN9D-00-001_A00 Relazione di verifica stabilità delle trincee</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 18</p>

INDICE

INDICE.....		3
1. PREMESSA.....		5
2. SCOPO DEL DOCUMENTO.....		5
3. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO		6
3.1. Normative, raccomandazioni e strumenti territoriali di riferimento		6
3.2. Riferimenti bibliografici.....		7
3.3. Documenti di riferimento.....		7
4. ANALISI DI STABILITA'		7
4.1. Criteri di verifica in condizioni statiche.....		7
4.2. Criteri di verifica in condizioni sismiche		8
4.3. Descrizione della sezione di verifica.....		8
4.4. Stratigrafia e parametri geotecnici		10
4.5. Verifiche di stabilità della trincea alla pk 0+087.72.....		11
4.1. Verifiche di stabilità della trincea alla pk 0+882.72.....		14
5. CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI ROCCIOSE.....		17
5.1. Caratteristiche dei materiali		18

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-RO-IN9D-00-001_A00
Relazione di verifica stabilità delle trincee

Foglio
4 di 18

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-02-E-CV-RO-IN9D-00-001_A00 Relazione di verifica stabilità delle trincee</p> <p>Foglio 5 di 18</p>

1. PREMESSA

Il presente documento illustra gli aspetti geotecnici connessi alla progettazione esecutiva del Lotto 2 della tratta AV/AC Milano-Genova-III Valico dei Giovi e più in particolare della Strada di accesso al pozzo di ventilazione della galleria naturale Finestra Castagnola, nel Comune di Franconalto (AL).

La nuova viabilità WBS IN9D parte dal cantiere COP2 della Castagnola già realizzato e prosegue verso il piazzale del pozzo di areazione della finestra della Castagnola, per un'estensione complessiva di 1+133.65 km, sviluppandosi nel comune di Franconalto. Nel primo tratto, da pk 0+000.0 a pk 0+687.72 circa, il tracciato ripercorre una strada sterrata esistente; nel secondo tratto da pk 0+687.72 fino al termine della WBS, procede in trincea attraversando un'area boschiva pregiata dal punto di vista paesistico per le sue risorse naturalistiche, essendo posta in prossimità del SIC Capanne di Marcarolo che non viene però interferito dal progetto.

Le principali interferenze con la viabilità in oggetto sono rappresentate dall'attraversamento di 5 fossi idraulici minori (Rio 1, Rio 2, Rio 3, Rio 4 e Fosso 1) appartenenti al bacino del rio Traversa, affluente di sinistra del Torrente Scrivia.

Il presente documento è stato redatto sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche in sito e di laboratorio realizzate nell'ambito della campagna di indagini per il Progetto Preliminare della linea ferroviaria e delle campagne di approfondimento successive propedeutiche allo sviluppo del Progetto Definitivo ed Esecutivo, e con riferimento a quanto riportato nella relazione geologica e nei profili geologici del progetto esecutivo.

2. SCOPO DEL DOCUMENTO

La finalità del presente documento è la verifica delle trincee definitive individuate nell'ambito dalla progettazione della nuova viabilità con specifico riferimento alla stabilità globale delle scarpate.

Il presente documento si articola nei seguenti punti:

- 1) la descrizione e la giustificazione delle sezioni di verifica prescelte per le verifiche di stabilità globale delle trincee;
- 2) la descrizione delle verifiche eseguite nell'ambito delle stabilità globale con riferimento alle analisi allo stato limite ultimo, sia in condizioni statiche che sismiche;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-IN9D-00-001_A00 Relazione di verifica stabilità delle trincee
	Foglio 6 di 18

3. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1. Normative, raccomandazioni e strumenti territoriali di riferimento

La progettazione delle opere ferroviarie della tratta sarà redatta in ottemperanza dell'Art. 20 della Legge 28 febbraio 2008, n. 31, secondo i dettami normativi antecedenti all'emissione del Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, come anche confermato dalla Circolare 5 agosto 2009 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. L'Art. 20 comma 3 recita *“Per le costruzioni e le opere infrastrutturali iniziate, nonché per quelle per le quali le amministrazioni aggiudicatrici abbiano affidato i lavori o avviato progetti definitivi o esecutivi prima dell'entrata in vigore della revisione generale delle norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture e trasporti 14 settembre 2005, continua ad applicarsi la normativa tecnica utilizzata per la redazione dei progetti, fino all'ultimazione dei lavori e all'eventuale collaudo”*.

I calcoli e le disposizioni esecutive sono pertanto conformi alle seguenti normative di legge:

- [1] D.M. 11.03.1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le scarpate, i criteri generali, e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- [2] Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 “Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative”.
- [3] D.M. 09/01/1996 – “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- [4] Circ. LL.PP. 15 ottobre 1996 n. 252 – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al DM 09/01/1996.
- [5] D.M. 16/01/1996 – “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.
- [6] Circ. LL.PP. 10 aprile 1997 n. 65 – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” di cui al DM 16/01/1996.
- [7] Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” - Cir. Dir. Cen. Tecn. n° 97/81.
- [8] Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- [9] Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316. “Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.03”.
- [10] Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico PAI - (Autorità di Bacino del Fiume Po), approvato con DPCM 24/05/2001.
- [11] EN 1997 Eurocodice 7 “Geotechnical Design”.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-IN9D-00-001_A00 Relazione di verifica stabilità delle trincee
	Foglio 7 di 18

[12] RFI “Manuale di progettazione”;

3.2. Riferimenti bibliografici

[13] Bishop A.W. (1955) – “The use of slip circle on the stability analysis of slopes” – Geotechnique, vol. 5, n.1, pp.7-17.

3.3. Documenti di riferimento

- | | |
|--|-------------------------|
| [14] Relazione geotecnica delle tratte all'aperto | IG5102ECVRBGE0001001A00 |
| [15] Relazione sismica delle tratte all'aperto | IG5102ECVRHGE0001001A00 |
| [16] Adeguamento SP7/SP163 della Castagnola – Tratto 2 – Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica | IG5102ECVRGNV1300006B00 |
| [17] Adeguamento SP7/SP163 della Castagnola – Tratto 2 – Relazione geotecnica | IG5102ECVRBNV1300002B00 |
| [18] Adeguamento SP7/SP163 della Castagnola – Tratto 2 – Carta geologica, geomorfologica con indicazione indagini geognostiche Tav. 8/10 | IG5102ECVG7NV1300008B00 |
| [19] Adeguamento SP7/SP163 della Castagnola – Tratto 2 – Profilo geologico - geotecnico Tav. 9/12 | IG5102ECVAZNV1300013B00 |
| [20] Adeguamento SP7/SP163 della Castagnola – Tratto 2 – Sezioni geologico - geotecniche Tav. 5/8 | IG5102ECVW9NV1300014B00 |
| [21] Strada di accesso al pozzo di ventilazione Val Lemme - Relazione geotecnica | IG5102ECVRBIN9E00001A00 |

4. ANALISI DI STABILITA'

Le analisi di stabilità sono state condotte mediante il codice di calcolo STABL for Windows vers.3.0 (Geotechnical Software Solutions). Tale programma si basa sulla teoria dell'equilibrio limite, effettuando la ricerca automatica delle superfici di rottura con coefficiente di sicurezza minimo.

Il fattore di sicurezza è stato valutato con il metodo di Bishop (1955), per il caso statico e sismico.

4.1. Criteri di verifica in condizioni statiche

In condizioni statiche il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto dal programma dovrà risultare superiore ad 1.3 in base a quanto previsto dal DM 1988.

Considerato che il carico permanente ed il carico variabile da traffico posizionati sul fondo scavo delle trincee definitive costituirebbero per le verifiche in oggetto una forza stabilizzante, è stato scelto cautelativamente di non considerarli.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-IN9D-00-001_A00 Relazione di verifica stabilità delle trincee
	Foglio 8 di 18

4.2. Criteri di verifica in condizioni sismiche

In condizioni sismiche il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto dal programma e dovrà risultare superiore ad 1.1 in base a quanto previsto dal DM 1988.

Il comune interessato dall'intervento, Voltaggio (AL), in base alle prescrizioni di cui alla OPCM n. 3274 del 20.03.2003 per quanto concerne la classificazione sismica del territorio nazionale, ricade in zona 3 pertanto il coefficiente di intensità sismica (C) è calcolato assumendo un grado di sismicità S=6:

$$C = \text{coefficiente di intensità sismica} = (S - 2) / 100 = 0.04$$

L'azione sismica orizzontale e verticale valgono:

$$F_H = I \times C \times \varepsilon \times R \times W$$

$$F_V = 0.5 F_H$$

dove:

- I coefficiente di protezione sismica assunto =1;
- C coefficiente di intensità sismica =0.04;
- ε coefficiente di fondazione assunto =1.0;
- R coefficiente di risposta, assunto =1;
- W peso della massa in potenziale movimento;

Nel programma di calcolo l'azione sismica è inserita attraverso i coefficienti sismici K_h e K_v , ottenuti dividendo le rispettive forze di inerzia per il peso del terreno W.

I valori impiegati per il caso in esame sono:

$$K_h = 0.04$$

$$K_v = 0.02$$

4.3. Descrizione della sezione di verifica

Le sezioni da sottoporre a verifica sono state individuate esaminando lungo lo sviluppo della WBS IN9D la geometria delle trincee, le caratteristiche dei terreni di fondazione e le condizioni sismiche di progetto. In base ai suddetti elementi sono state definite le sezioni più gravose cosicché il soddisfacimento delle verifiche possa essere esteso alle restanti sezioni di progetto della WBS caratterizzate da condizioni meno gravose con riferimento alla stabilità globale.

Le verifiche sono state condotte con riferimento alle scarpate di altezza massima nelle unità MBF e aP, che corrispondono alle sezioni di calcolo n.8 alla pk. 0+087.72 e n.69 alla pk 0+882.72, illustrate nelle seguenti figure.

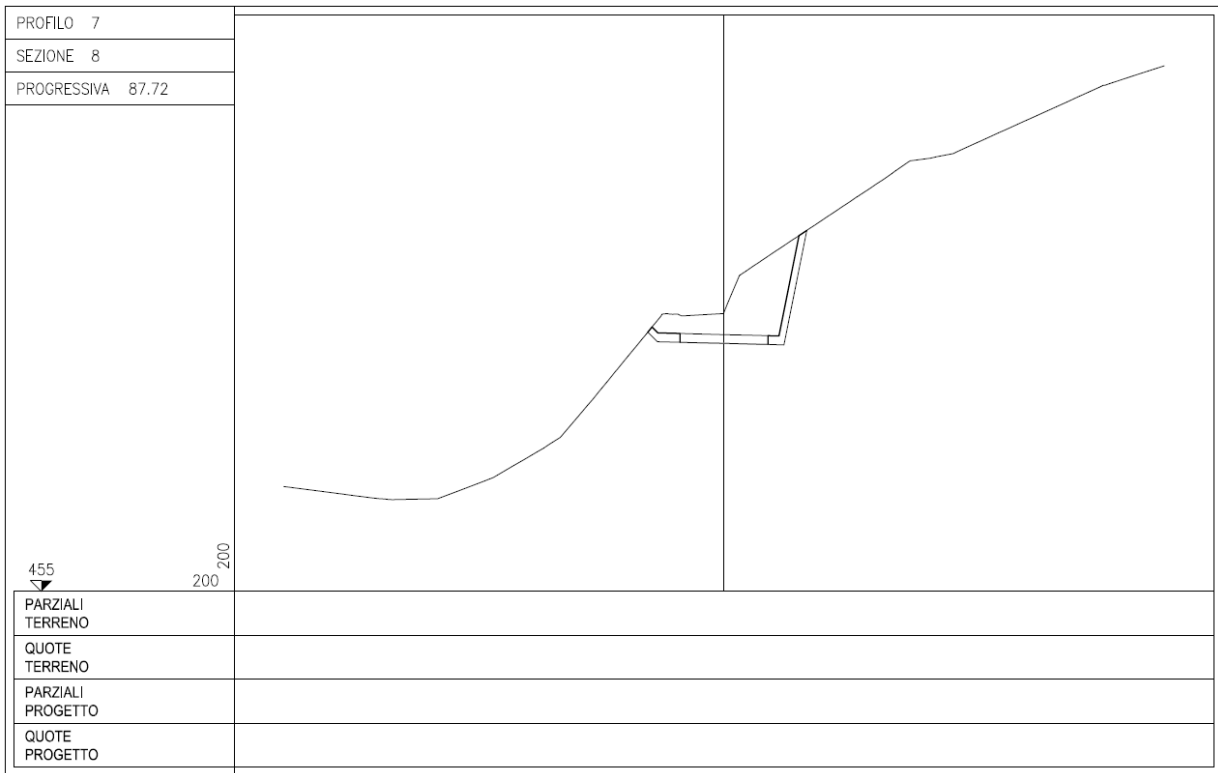


Figura 4-1 Sezione di calcolo n. 8 alla pk 0+87.72

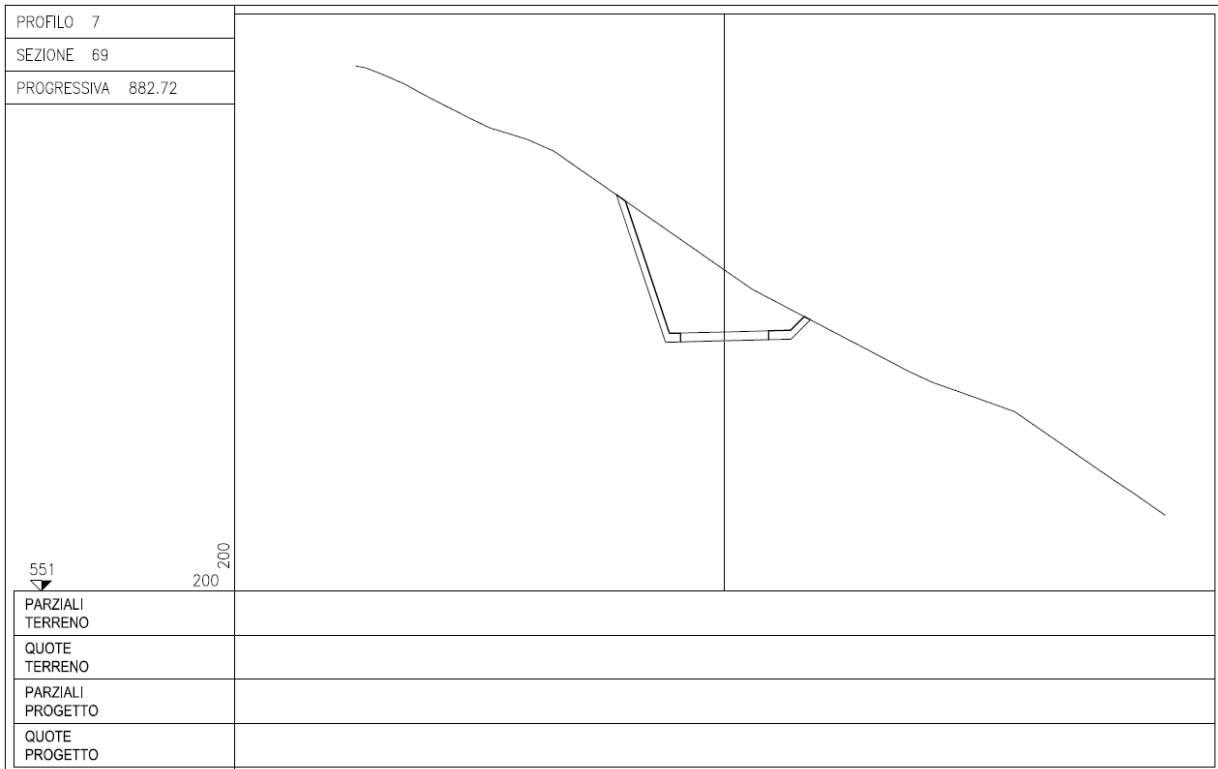


Figura 4-2 Sezione di calcolo n. 69 alla pk 0+882.72

4.4. Stratigrafia e parametri geotecnici

Per la sezione di calcolo n. 8 è stata assunta le seguente stratigrafia di calcolo:

Tabella 4-1 Stratigrafia di calcolo – Sezione di verifica pk 0+087.72

<i>Unità geotecnica</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Dalla quota</i>	<i>Alla quota</i>
MBF_alt	Cappellaccio Metabasalti del Monte Figogna	p.c.	-3.0 m
MBF	Metabasalti del Monte Figogna	Oltre -3.0 m	

Per la sezione di calcolo n. 69 è stata assunta le seguente stratigrafia di calcolo:

Tabella 4-2 Stratigrafia di calcolo – Sezione di verifica pk 0+882.72

<i>Unità geotecnica</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Dalla quota</i>	<i>Alla quota</i>
dt_LA	Depositi di versante	p.c.	-1.0 m
aP_alt	Cappellaccio Argille a Palombini	-1.0 m	-5.0 m
aP	Argille a Palombini	Oltre -5.0 m	

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno si è fatto riferimento a quanto riportato nella relazione geotecnica [21] contenente i parametri geotecnici definiti a partire dai risultati delle indagini geognostiche.

I parametri geotecnici assunti per le verifiche di stabilità sono sintetizzati nella tabella seguente:

Tabella 4-3 Parametri geotecnici – Sezione di verifica pk 0+050.00

<i>Descrizione</i>	<i>Unità</i>	<i>Peso di volume</i>	<i>Parametri di resistenza</i>	
		γ	ϕ'	c'
		[kN/m ³]	[°]	[kPa]
Limo argilloso	dt_LA	20	30.0	5
Cappellaccio Argille a Palombini	aP_alt	26	40	31
Argille a Palombini	aP	26	50	36
Cappellaccio Metabasalti	MBF_alt	27	41	60
Metabasalti	MBF	27	46	75

4.5. Verifiche di stabilità della trincea alla pk 0+087.72

Nella sezione di calcolo si è considerata una scarpata con inclinazione 1:5. Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi di stabilità della trincea a lungo termine.

GEOMETRIA DI CALCOLO

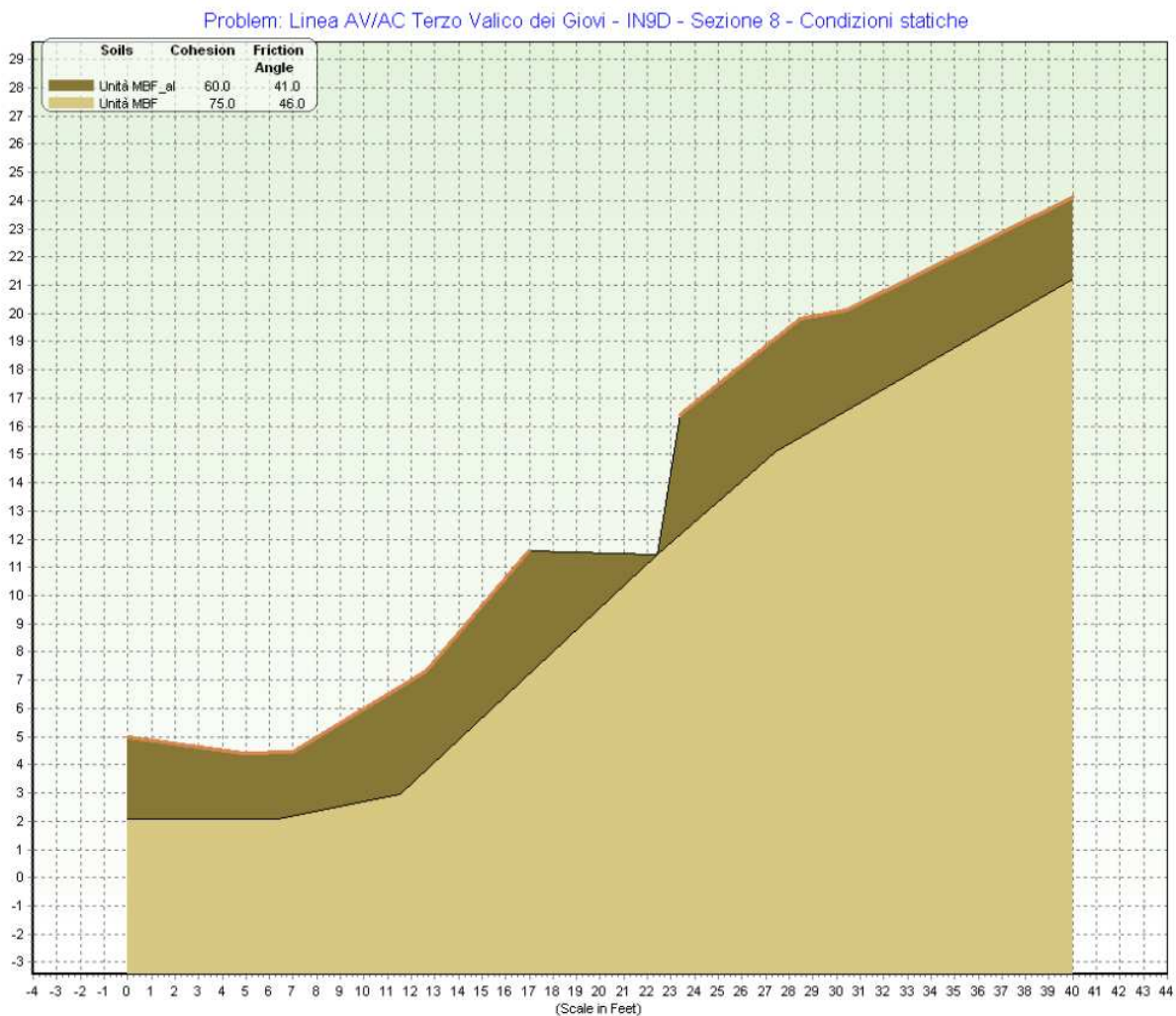


Figura 4-3 IN9D – Geometria della sezione di calcolo pk 0+087.72

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE IN CONDIZIONI STATICHE

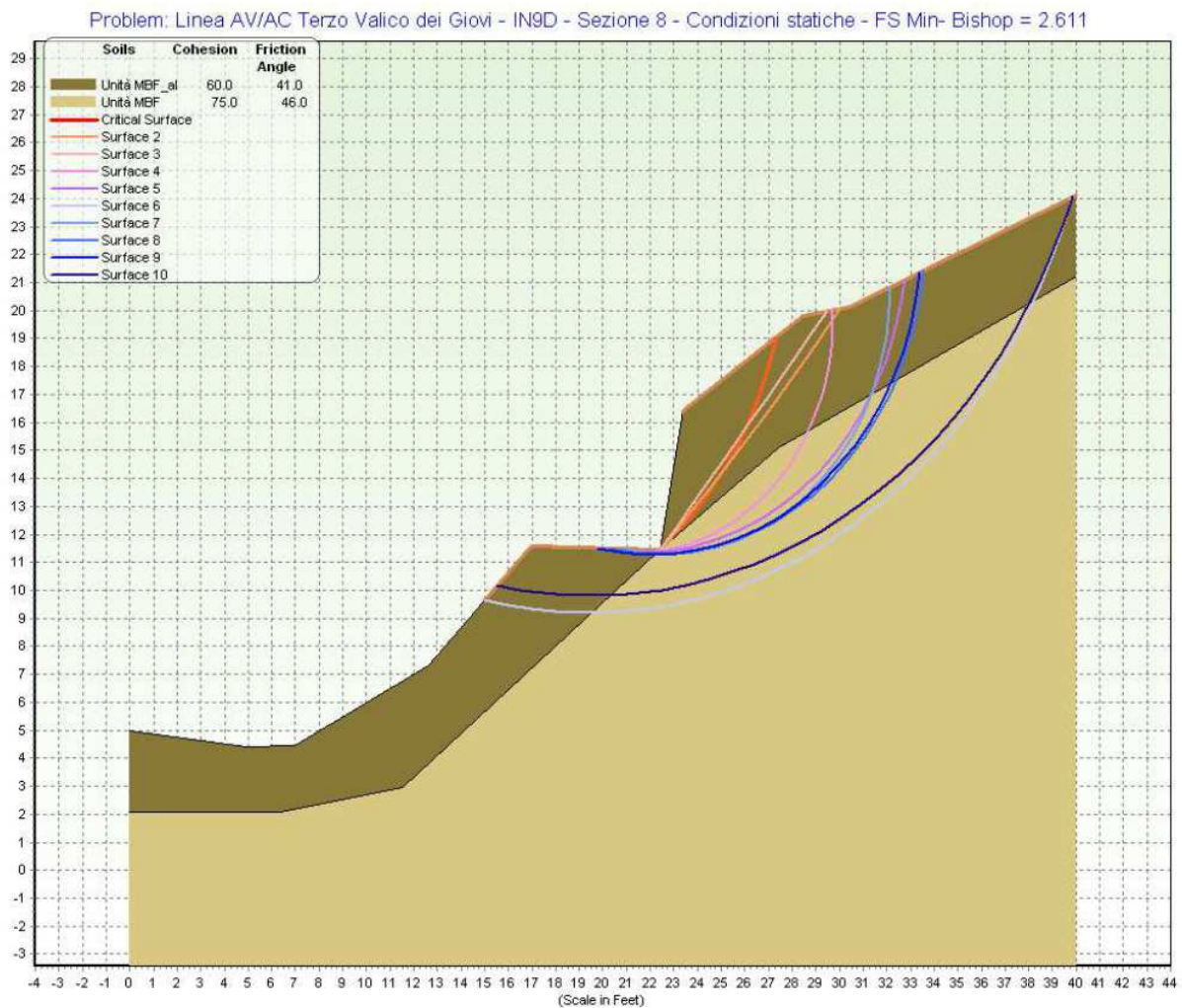


Figura 4-4 IN9D – Verifica di stabilità globale in condizioni statiche sezione pk 0+087.72

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE IN CONDIZIONI SISMICHE

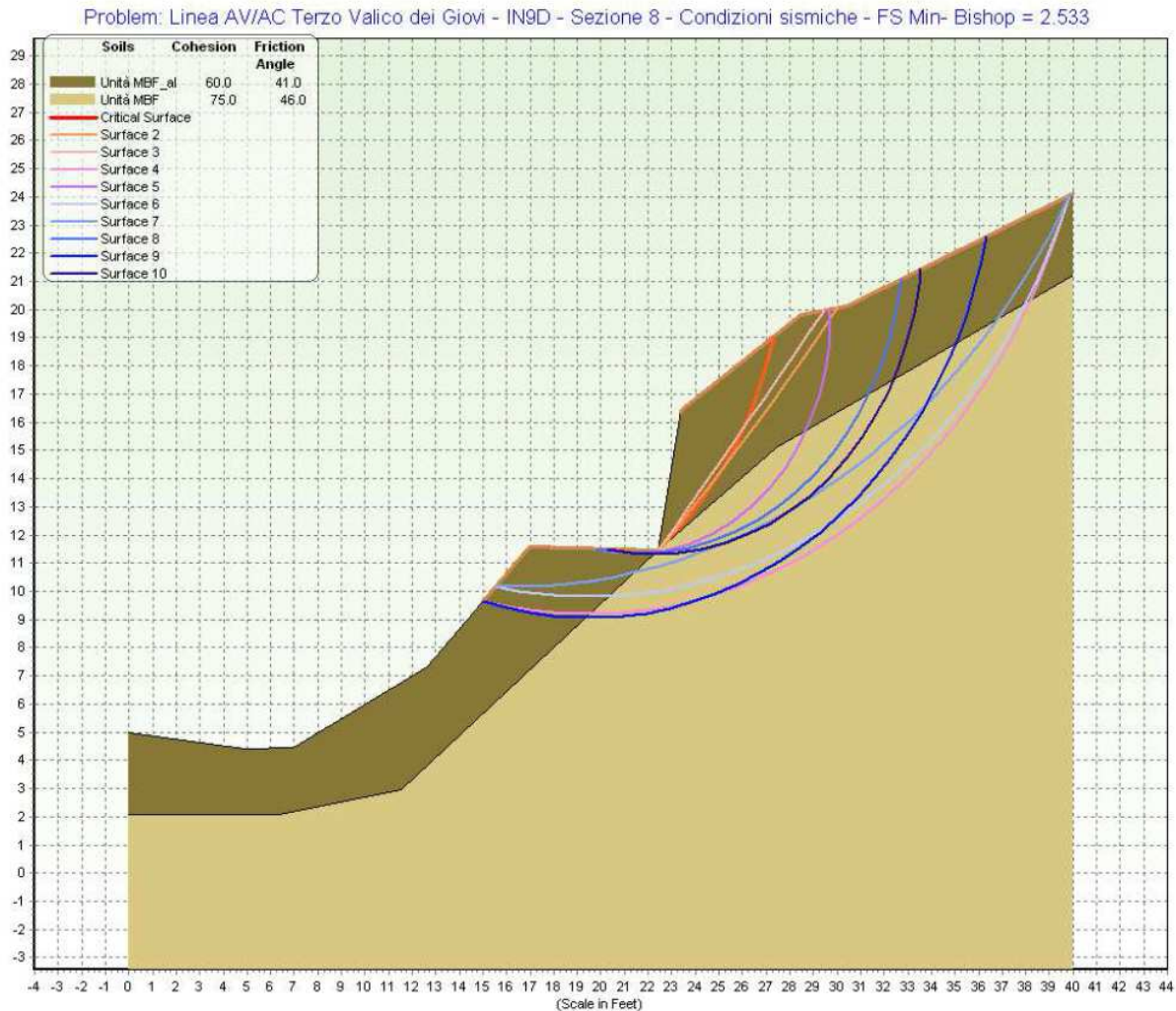


Figura 4-5 IN9D – Verifica di stabilità globale condizioni sismiche sezione pk 0+087.72

Tabella 4-4 Riepilogo risultati analisi di stabilità – Sezione di verifica pk 0+087.72

Analisi	Sovraccarico q (kPa)	FS _{min}	FS	Verifica
Statica	-	2.611	1.3	SI
Sismica	-	2.533	1.1	SI

I risultati delle verifiche condotte mostrano che la trincea risulta stabile in tutte le condizioni esaminate.

4.1. Verifiche di stabilità della trincea alla pk 0+882.72

Nella sezione di calcolo si è considerata una scarpata con inclinazione 1:3. Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi di stabilità della trincea a lungo termine.

GEOMETRIA DI CALCOLO

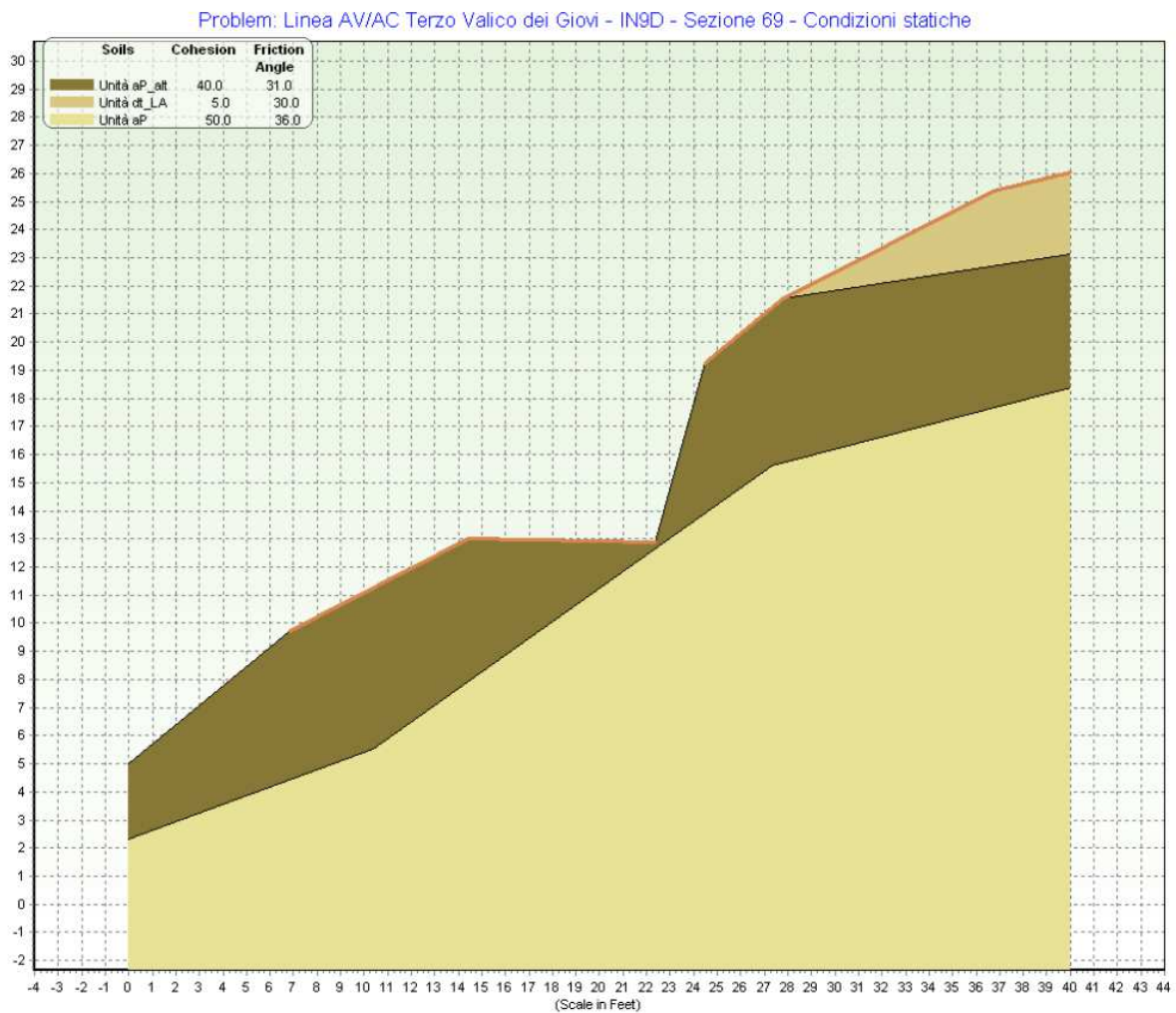


Figura 4-6 IN9D – Geometria della sezione di calcolo pk 0+882.72

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE IN CONDIZIONI STATICHE

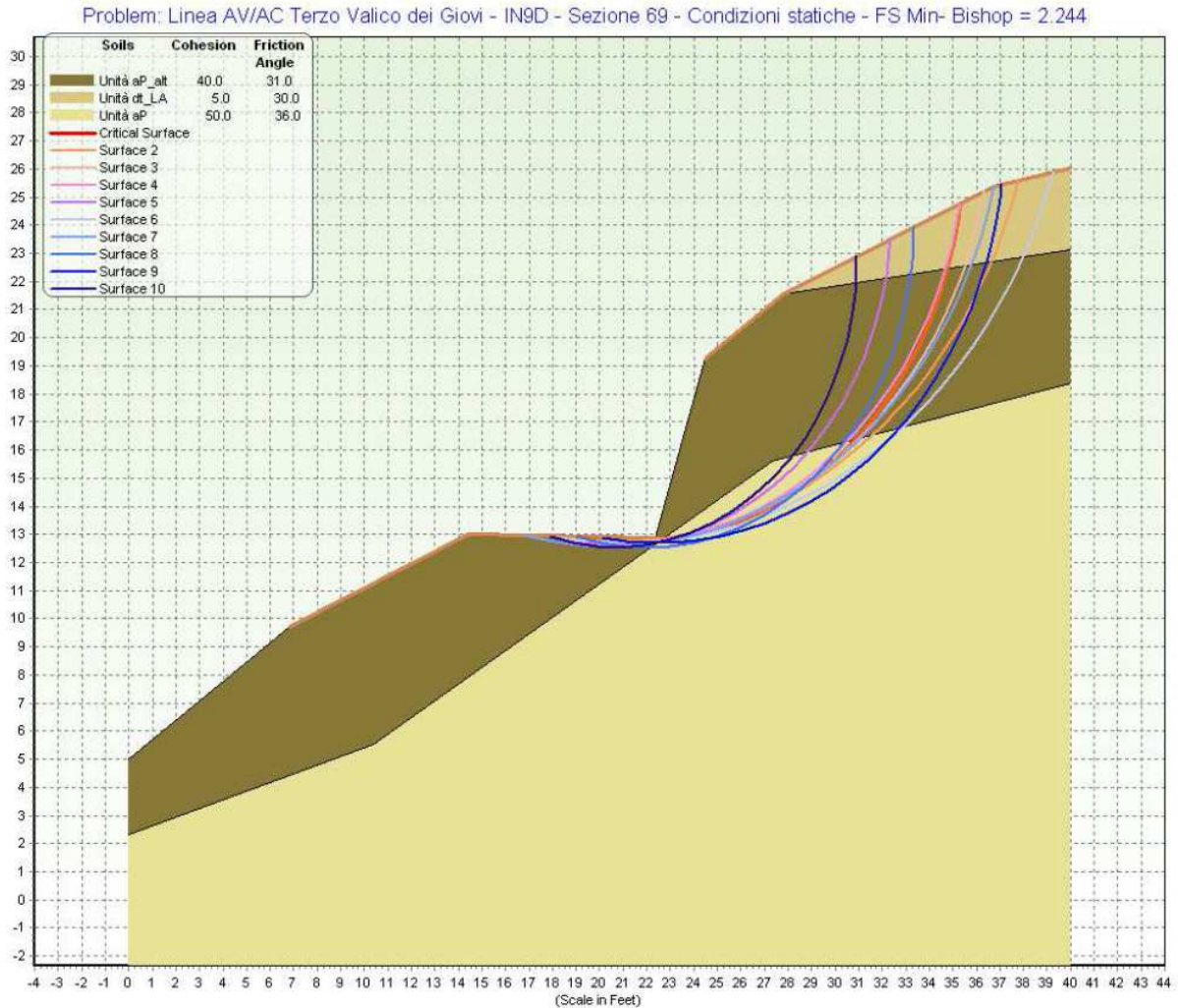


Figura 4-7 IN9D – Verifica di stabilità globale in condizioni statiche sezione pk 0+882.72

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE IN CONDIZIONI SISMICHE

Problem: Linea AV/AC Terzo Valico dei Giovi - IN9D - Sezione 69 - Condizioni sismiche - FS Min- Bishop = 2.103

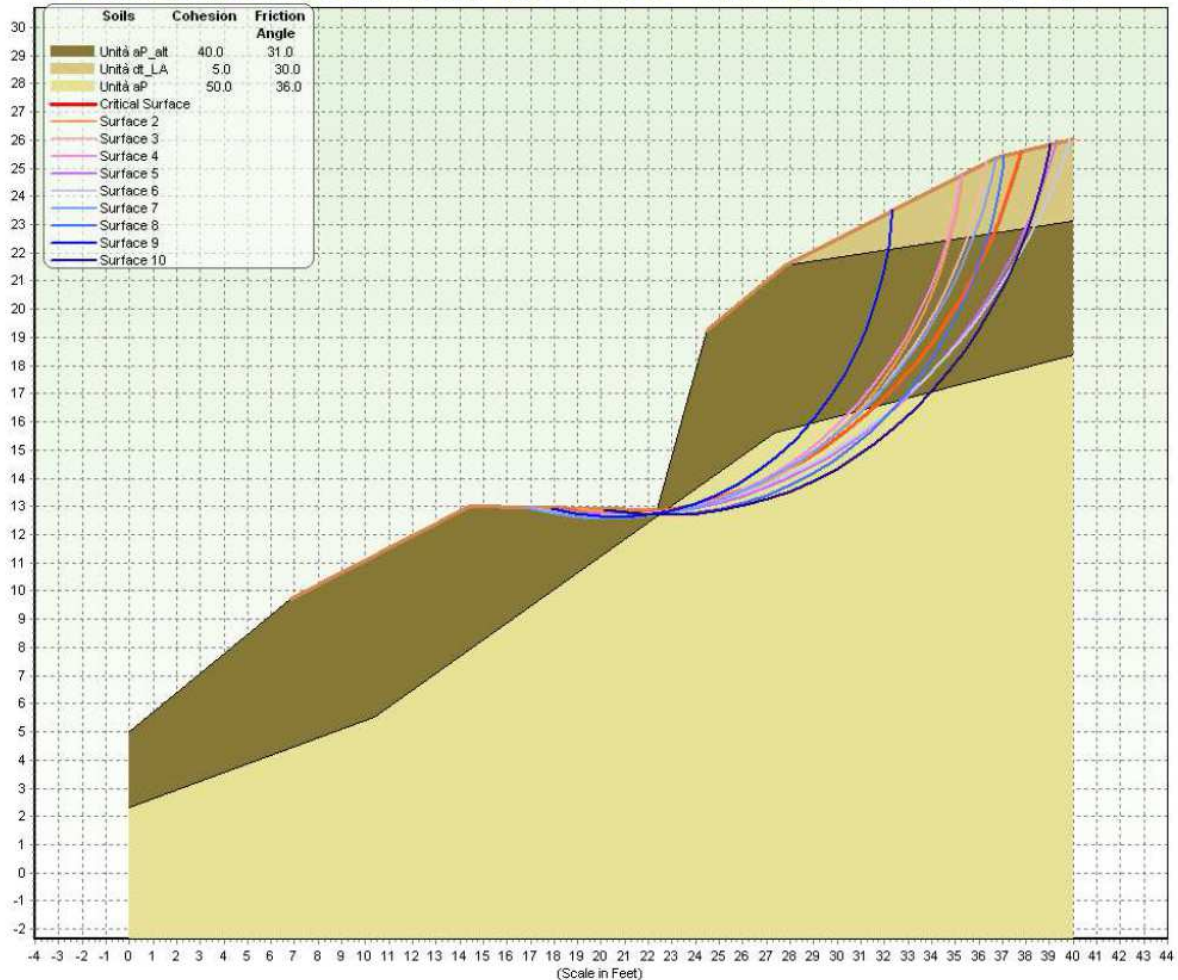


Figura 4-8 IN9D – Verifica di stabilità globale condizioni sismiche sezione pk 0+087.72

Tabella 4-5 Riepilogo risultati analisi di stabilità – Sezione di verifica pk 0+087.72

Analisi	Sovraccarico q (kPa)	FS _{min}	FS	Verifica
Statica	-	2.244	1.3	SI
Sismica	-	2.103	1.1	SI

I risultati delle verifiche condotte mostrano che la trincea risulta stabile in tutte le condizioni esaminate.

5. CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI ROCCIOSE

Il progetto prevede l'allargamento della carreggiata verso monte con arretramento dell'attuale scarpata rocciosa con fronte di scavo inclinato 1:3 (orizz:vert) nell'unità aP e 1:5 nell'unità MBF, per altezze fino a circa 6.0 m dal piano viabile. Le verifiche di stabilità hanno fornito coefficienti di sicurezza superiori ai limiti di normativa, ciononostante, considerate le incertezze di natura stratigrafica lungo lo sviluppo dell'opera in esame, si è ritenuto necessario proteggere le scarpate di altezza superiore a 3.0 m mediante rinforzi corticali.

Il fronte di scavo sarà consolidato mediante chiodatura con barre $\phi 24$ di lunghezza pari a 4.0 m disposte a maglia quadrata 2.50 x 2.50 m che costituirà anche l'ancoraggio delle funi ($\phi 12$ mm a 19 fili) dell'orditura principale e dell'orditura romboidale secondaria.

Sulle funi dell'orditura principale verrà attaccata, mediante anelli di catena aperti (passo 50 cm), un telo continuo di rete in acciaio a maglia esagonale (8 x 10cm) a doppia torsione in filo da 3.0 mm (3.9 mm per il filo di bordatura).

Per i dettagli sulla geometria dell'intervento si rimanda agli elaborati specifici di progetto.

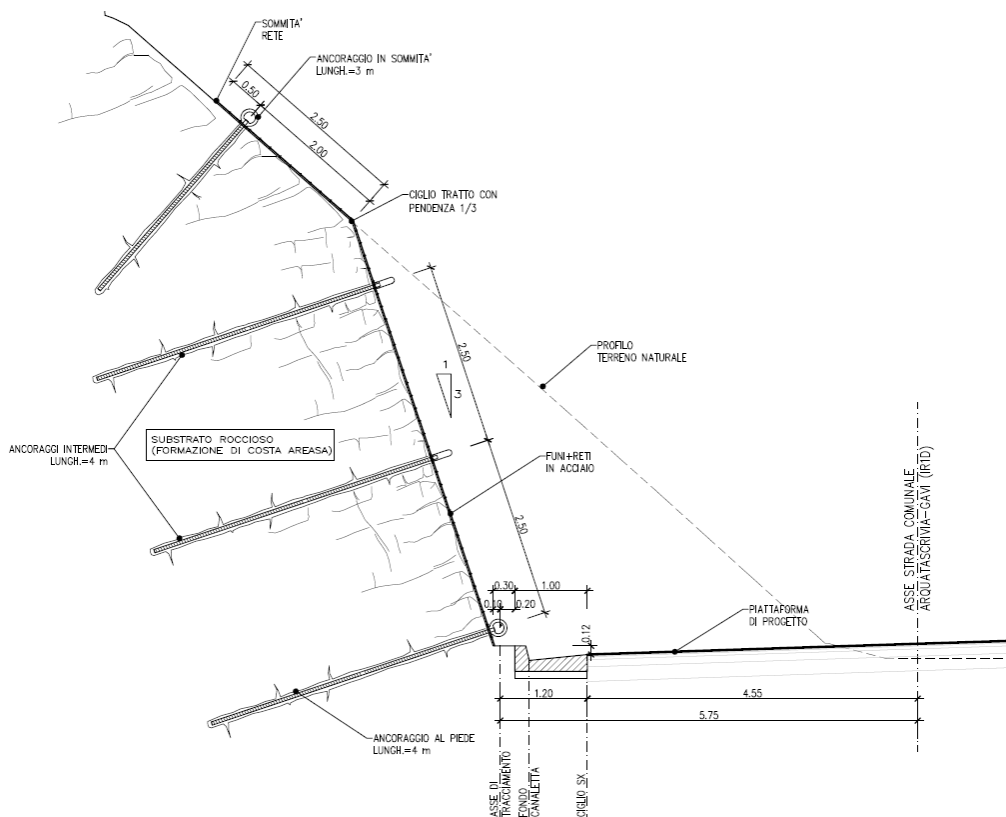


Figura 5-1 Sezione tipologica di consolidamento del fronte roccioso

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-IN9D-00-001_A00 Relazione di verifica stabilità delle trincee
	Foglio 18 di 18

5.1. Caratteristiche dei materiali

Acciaio per barre di ancoraggio ($\phi 24\text{mm}$)

barre in acciaio B450C (o superiore) ad aderenza migliorata e testa filettata M24

Boiaccia di intasamento barre di ancoraggio

Dosaggio 600kg/mc di impasto

Resistenza a compressione a 28gg.: $R_{ck} \geq 25\text{MPa}$

Funi a 19 fili (UNI 7690)

Zincatura forte: UNI 10264/04

Classe di resistenza: 1570N/mm^2 (160kg/cm^2)

Carico a rottura minimo (funi $\square 12\text{mm}$): 120kN

Reti a doppia torsione

Maglia tipo: 8 x 10cm

Diametro filo rete: 3.0 mm

Diametro filo bordura: 3.9 mm

Zincatura: UNI 8018

Golfari femmina (DIN 582) ad occhio circolare

Acciaio: C 15 E

Zincatura: elettrolitica

Portata nominale (M24): $\geq 18\text{kN}$