



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Struttura di Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali



AMMODERNAMENTO A N° 4 CORSIE DELLA S.S. 514
"DI CHIARAMONTE" E DELLA S.S. 194 RAGUSANA
DALLO SVINCOLO CON LA S.S. 115 ALLO
SVINCOLO CON LA S.S. 114.

(C.U.P. F12C03000000001)

PROGETTO DEFINITIVO

LOTTO 7
GEOLOGIA E GEOTECNICA
Geotecnica
Relazione tecnica
Interventi di stabilizzazione di versante

Il Progettista

Responsabile di progetto ed
incaricato delle integrazioni tra
le varie prestazioni:



Ing. Santa Monaco - Ordine Ing. Torino 5760H

Supporto specialistico

Ottimizzazione della cantierizzazione
delle opere



Ing. Gianmaria De Stavola - Ordine Ing. Venezia 2074

Consulenze specialistiche

Geologo:

Dott. Geologo Fabio Melchiorri
Ordine Geologi del Lazio A.P. n 663

Geotecnica e opere d'arte minori:

Ing. Antonio Alparone



Opere d'arte principali:

Viadotti
Ing. G. Mondello



Gallerie
Ing. G. Guiducci



Opere di mitigazione dell'impatto ambientale:

Ecosistemi e
paesaggio



Rumore,
vibrazioni
ed atmosfera



RIFERIMENTO ELABORATO

FASE	TR\LT	DISCIPLINA/OPERA	DOC	PROGR.	ST.REV.	FOGLIO
D01	T1L7	GT053	1	RG	001	0A

DATA

GENNAIO '17

SCALA

-

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO/CONSULENTE	VERIFICATO	APPROVATO
A	GENNAIO '17	Emissione	SILEC/ALISEA	Tresso	Monaco

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	IL CONCESSIONARIO SARC SRL		L'ENTITA' COSTRUTTRICE VISTO PER ACCETTAZIONE
--	-----------------------------------	--	--

INDICE

A	PREMESSA	2
B	NORMATIVE, RIFERIMENTI TECNICI	3
C	ELABORATI DI RIFERIMENTO	4
D	INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE - LOTTO 7 PK. 2+500-2+750 – FRANA L7_1	5
D.1	Caratterizzazione geotecnica.....	9
D.2	Dimensionamento del consolidamento colonnare DMM	11
D.2.1	Parametri medi del terreno consolidato	11
D.3	Verifica di stabilità	12
D.3.1	Gabbioni in corrispondenza della pk 127.15	15
D.3.2	Gabbioni in corrispondenza della pk 330.0	25
D.3.3	Sez. a pk 2+660	35

A PREMESSA

Nella presente relazione tecnica è stata riportata la progettazione degli interventi di stabilizzazione previsti in corrispondenza del corpo franoso che interessa il lotto 7 e che interferisce con l'infrastruttura in progetto e con la strada secondaria Sec 90.

B NORMATIVE, RIFERIMENTI TECNICI

- Decreto Min. LL. PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ed 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". *(Utilizzato per i capitoli inerenti le indagini geotecniche e non per la progettazione delle opere d'arte).*
- Circolare Min. LL.PP. 24 Settembre 1988, n. 30483 "Istruzioni riguardanti "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali, le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" di cui al D.M. 11 marzo 1988".
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare n° 617 del 2 Febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per e costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".
- Raccomandazioni AGI giugno 1977 "Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche
- Raccomandazioni AGI giugno 1994 " Programmazione ed esecuzione delle prove di laboratorio".

C ELABORATI DI RIFERIMENTO

Elaborati parte generale

D01-T100-GG020-1-RJ-001-0A	Relazione geologica	
D01-T100-GG020-1-RJ-002-0A	Allegato alla relazione geologica	Monografie delle frane censite
D01-T100-GT050-1-RN-001-0A	Relazione geotecnica	

Elaborati Lotto 7

D01-T1L7-GG010-1-RZ-002-0A	Sondaggi geognostici	
D01-T1L7-GG010-1-RZ-003-0A	Prove Spt (Standard Penetration Test)	
D01-T1L7-GG010-1-RZ-007-0A	Piezometri e letture piezometriche	
D01-T1L7-GG010-1-RZ-008-0A	Inclinometri e letture inclinometriche	
D01-T1L7-GG010-1-RZ-013-0A	Planimetrie ubicazione - All A	
D01-T1L7-GG010-1-RZ-014-0A	Prospezioni sismiche a rifrazione - All. B1 e B2	
D01-T1L7-GG010-1-RZ-015-0A	Prospezioni sismiche - MASW - All. C1 e C2	
D01-T1L7-GG010-1-RZ-016-0A	Prospezioni Down Hole - All. D	
D01-T1L7-GG010-1-RZ-018-0A	Certificati delle analisi relative ai campioni prelevati nei sondaggi	
D01-T1L7-GG031-1-EZ-001-0A	Frane censite - Sezioni geologiche - Frana L7_1	
D01-T1L7-GT050-1-RN-001-0A	Relazione geotecnica	
D01-T1L7-GT051-1-P6-001-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 1 di 7
D01-T1L7-GT051-1-P6-002-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 2 di 7
D01-T1L7-GT051-1-P6-003-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 3 di 7
D01-T1L7-GT051-1-P6-004-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 4 di 7
D01-T1L7-GT051-1-P6-005-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 5 di 7
D01-T1L7-GT051-1-P6-006-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 6 di 7
D01-T1L7-GT051-1-P6-007-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 7 di 7
D01-T1L7-GT054-1-P6-001-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 1 di 7
D01-T1L7-GT054-1-P6-002-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 2 di 7
D01-T1L7-GT054-1-P6-003-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 3 di 7
D01-T1L7-GT054-1-P6-004-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 4 di 7
D01-T1L7-GT054-1-P6-005-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 5 di 7
D01-T1L7-GT054-1-P6-006-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 6 di 7
D01-T1L7-GT054-1-P6-007-0A	Profilo geotecnico asse destro - Ragusa Catania	Tavola 7 di 7
D01-T1L7-GT053-1-RG-001-0A	Relazione tecnica	Interventi di stabilizzazione di versante
D01-T1L7-GT053-1-EZ-001-0A	Stabilizzazione di versante	Intervento in DX e SX dal km 2+500 al km2+750

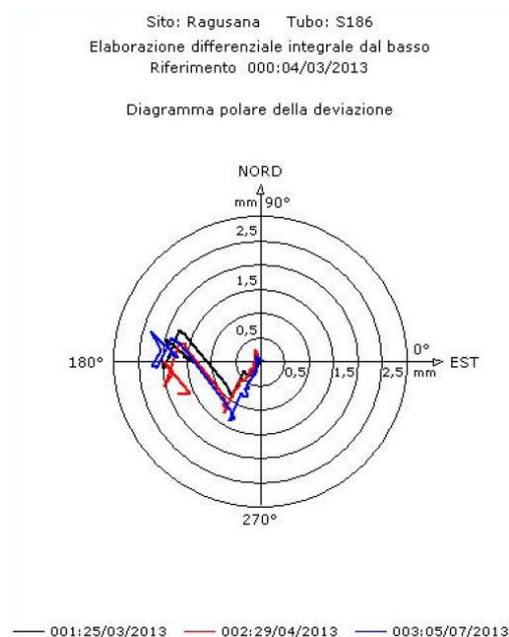
D INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE - LOTTO 7 PK. 2+500-2+750 – FRANA L7_1

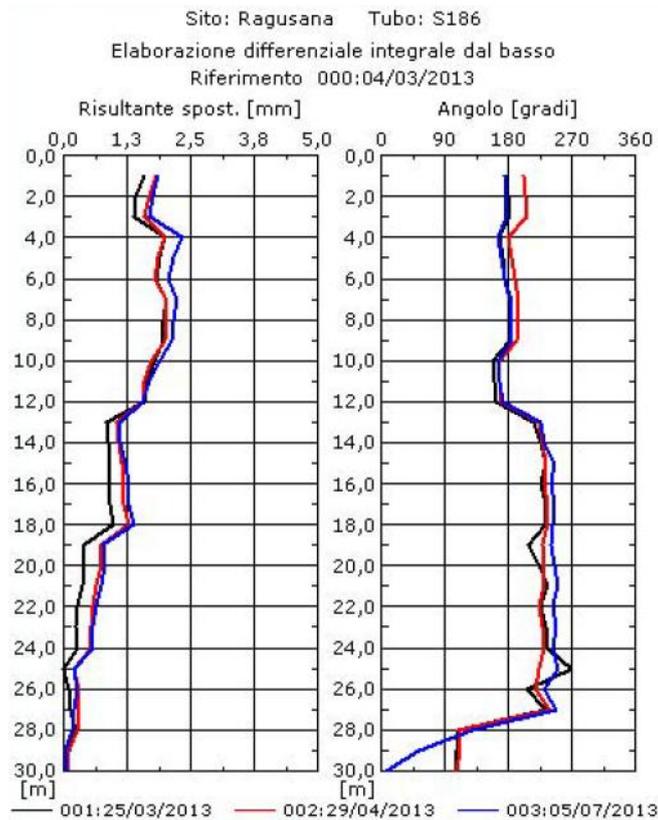
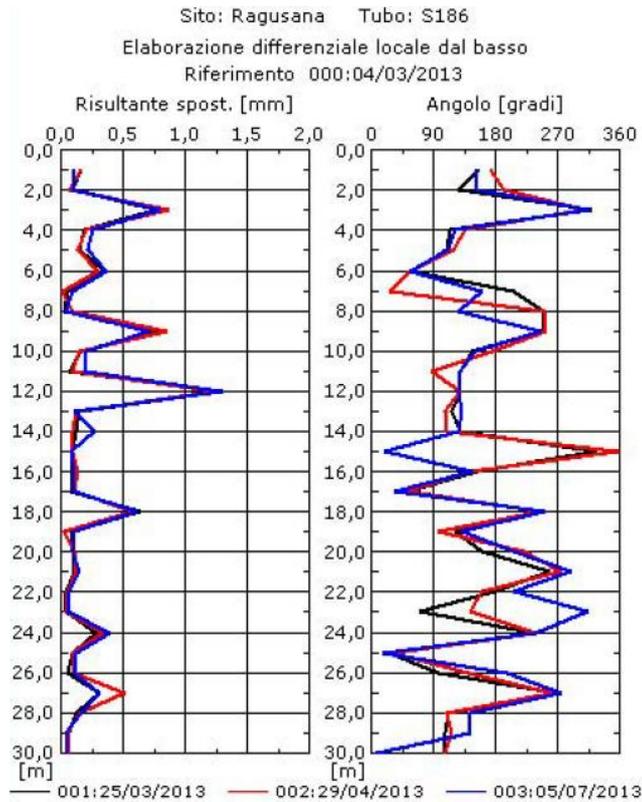
La Frana L7_1 è ubicata presso l'esistente svincolo nord della S.S. 194 per Francofonte (Elaborato D01-T1L7-GG031-1-EZ-001-0A).

La frana si presenta come un colamento ed interessa i termini argillosi e calcarenitici quaternari (Qa e Qca) in continuo lento movimento e mostra alcuni settori in marcata riattivazione legata alle condizioni di saturazione del corpo di frana e all'azione erosiva esercitata dalle acque dilavanti. In tali settori sono visibili estese lesioni che hanno danneggiato in più punti il manto stradale della strada di svincolo.

Sulla base delle indagini geognostiche (S186i) e geofisiche (BS178, BS179) svolte è stato accertato uno spessore massimo della frana pari a circa 6,0-7,0 m.

Il sondaggio attrezzato con inclinometro (S186i) effettuato nell'area non fornisce una chiara evidenza di movimenti franosi. Come si può evincere dalle letture inclinometriche effettuate, e di cui di seguito se ne riporta uno stralcio, gli spostamenti differenziali e cumulati, mostrano spostamenti differenziali che solo nella prima lettura, a 12 m, sono di 1.3 mm ma nelle letture successive è risultato essere costante pertanto si ritiene che tali spostamenti siano riferibili solamente a possibili assestamenti iniziali della colonna inclinometrica. Tali misure quindi fanno supporre che non ci siano movimenti in corso rilevati dall'inclinometro. Nonostante queste evidenze il corpo in frana si considera attivo per una profondità di 6m.





Per stabilizzare il corpo in frana si è progettato un consolidamento tramite trattamenti colonnari $f=1000$ e lunghi 10m in calce-cemento che svolge la duplice funzione di stabilizzare la fondazione del corpo del rilevato e di ridurre i cedimenti del rilevato stesso. La distribuzione planimetrica del trattamento non essendo continua non costituisce un ostacolo al deflusso delle acque sotterranee.

La nuova viabilità secondaria Sec 90 taglia trasversalmente per buona parte del suo sviluppo il corpo in frana e richiede un idoneo intervento di stabilizzazione che consiste principalmente in una serie di gabbionate, intestate al di sotto del terreno in frana e realizzate per campi di massimo 10 m, che svolgono contemporaneamente una funzione di sostegno della sede stradale e di drenaggio della frana stessa, andando a scaricare le acque intercettate tramite tre trincee drenanti.

L'attraversamento avviene sia in rilevato che in trincea, per cui i muri in gabbioni messi in opera assumono sia la configurazione di muro di sottoscarpa sia la configurazione di muro di controripa, secondo la seguente scansione (con riferimento alle progressive della Sec 90):

- muro di sottoscarpa da progr. 0+112 a progr. 0+170 in sx (per uno sviluppo complessivo di 57 m);
- muro di controripa da progr. 0+329 a progr. 0+378 in sx (per uno sviluppo complessivo di 43 m);
- muro di controripa da progr. 0+416 a progr. 0+489 in sx (per uno sviluppo complessivo di 61 m);

A protezione dall'erosione del terreno a monte e a valle della strada secondaria sec 90 oltre ai muri in gabbioni si è scelto di utilizzare una tipologia di intervento che prevede un'idrosemina con specie erbacee a radicazione profonda per un'estensione di oltre 9200 mq.

Nella Figura D.1 si riporta uno stralcio planimetrico che da evidenza degli interventi previsti nell'area e nella seguente

Figura D.2 si riporta invece uno stralcio della planimetria geologica dell'area comprensiva degli interventi in progetto.

Figura D.1 – Stralcio planimetrico della Frana L7_1 con ubicazione dell'area con il consolidamento colonnare e delle aree con l'intervento che prevede un'idrosemina con specie erbacee a radicazione profonda.

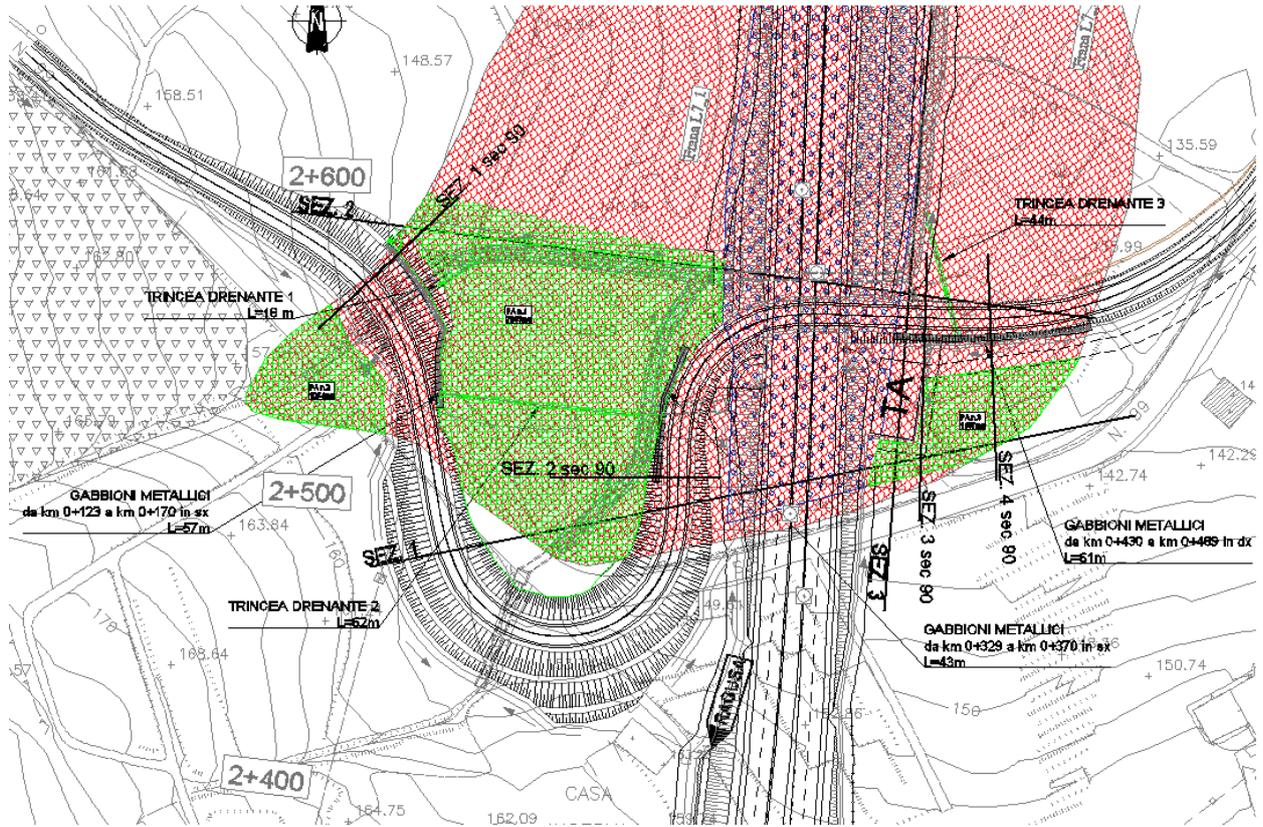
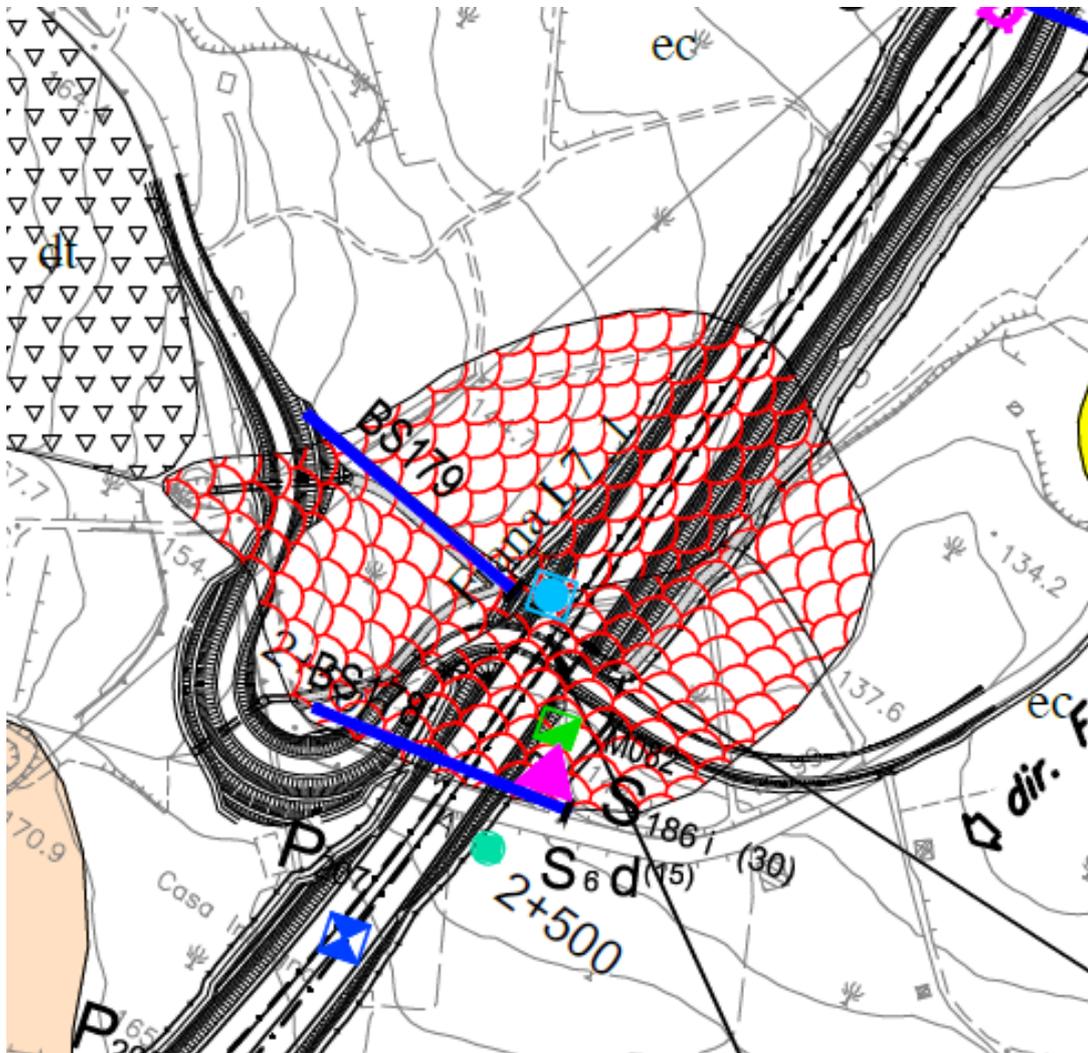


Figura D.2 – Stralcio planimetrico geologico della Frana L7_1 con ubicazione delle sezioni geologiche e delle indagini eseguite.



D.1 Caratterizzazione geotecnica

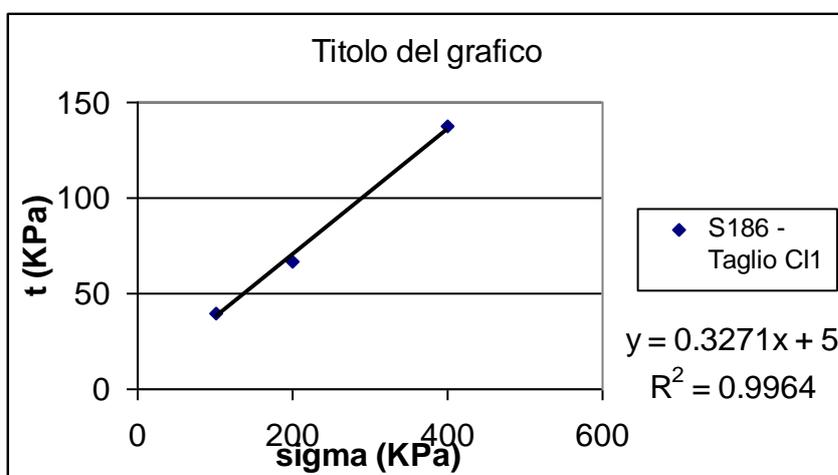
Il corpo in frana è costituito da terreni argilloso-sabbiosi riferibili alla formazione Qa e Qc(a).

I parametri del corpo in frana sono stati dedotti a partire dalla prova di taglio diretto effettuata sul campione C11 del sondaggio S186i che è relativo al corpo in frana in condizioni residue. I valori della resistenza residua fornita dalla prova di taglio diretto sono i seguenti:

$$\phi'_r=17.1^\circ \quad c'=9.4 \text{ kPa}$$

Reinterpretando i dati forniti dal laboratorio si ottengono i seguenti valori:

σ (kPa)	τ (kPa)	c (kPa)	ϕ'_r (°)
100	40	5	18.1
200	67		
400	137		



Il corpo in frana è stato quindi caratterizzato con i seguenti valori caratteristici:

$$\phi'_r = 18^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

Il peso di volume è stato assunto pari a:

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/mc}$$

Si riportano di seguito i parametri dei terreni coinvolti nelle verifiche di stabilità

LITOTIPO		u.m.	Parametri caratteristici	M2 γ_M	Parametri di calcolo
Ril	γ	kN/mc	19.0	1	19.0
	c	Kpa	0	1.25	0
	ϕ	(°)	38.0	1.25	32
Ril Stab	γ	kN/mc	19.0	1	19.0
	c	Kpa	17.0	1.25	13.6
	ϕ	(°)	24.0	1.25	19.6
Frana	γ	kN/mc	19.0	1	19.0
	c	Kpa	0	1.25	0
	ϕ	(°)	18.0	1.25	14.6
Frana+DMM	γ	kN/mc	19.0	1	19.0
	c	Kpa	30.5	1.25	24.4
	ϕ	(°)	18.0	1.25	14.6
Qca	γ	kN/mc	18.4	1	18.4
	c	Kpa	0.0	1.25	8.0
	ϕ	(°)	35.0	1.25	29.3

D.2 Dimensionamento del consolidamento colonnare DMM

Il consolidamento colonnare è stato valutato considerando da letteratura e da case History una resistenza a compressione

$$\sigma_c = 1.5 \text{ MPa}$$

ed una resistenza a trazione

$$\sigma_t = 1/10 \sigma_c = 0.15 \text{ Mpa}$$

Per la singola colonna tratta ipotizzando un inviluppo di rottura con andamento parabolico, la resistenza al taglio del materiale è valutabile con la relazione

$$\tau = \sqrt{a \cdot (\sigma + \sigma_t)}$$

Essendo

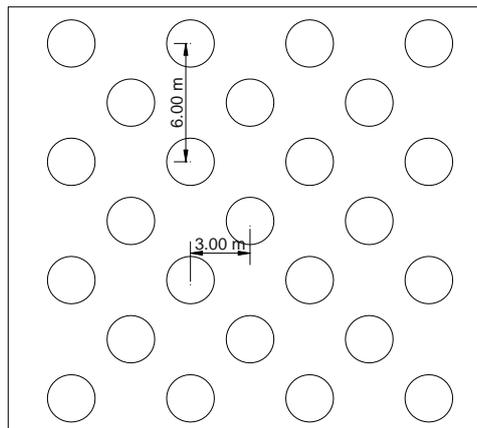
$$a = 2 \cdot \left\{ \sigma_t + \frac{\sigma_c}{2} - \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_t \cdot \sigma_c} \right\}$$

Da cui è schematizzabile un inviluppo rettilineo con

$$c' = 350 \text{ kPa} \text{ e } \phi' = 32^\circ$$

D.2.1 Parametri medi del terreno consolidato

Ipotizzando un intervento di consolidamento con interasse come da figura seguente



$$l = 3 \text{ m (interasse)}$$

$$D_c = 1 \text{ (diametro colonna)}$$

$$A_c = 0.7854 \text{ mq (area colonna)}$$

$A_i=9$ (area terreno)

Considerando per il terreno trattato una coesione $c'=350$ kPa ed una coesione nulla per il terreno in frana non trattato, si deduce che il terreno equivalente ha una coesione approssimativa per difetto pari a:

$$c'_{1k}=c' \cdot A_c / (I \cdot I) = 30.54 \text{ kPa} \quad c'_{1k} / \gamma_M = 30.54 / 1.25 = 24.4 \text{ kPa}$$

$$c'_{1k} = 30.5 \text{ kPa}$$

Considerando per il terreno trattato un modulo di Young $E'=52.5$ MPa ed un $E'=1$ MPa per il terreno in frana non trattato si deduce che il terreno equivalente ha un modulo elastico equivalente pari a:

$$E' = 48 \text{ MPa}$$

D.3 Verifica di stabilità

Di seguito si riporta la verifica del muro in gabbioni di sottoscampa e di controripa posizionati come rappresentato nella planimetria riportata in

Figura D.2 rispettivamente in corrispondenza delle sezioni geologiche n. 1 e n. 2. Il muro in gabbioni di sottoscampa è stato verificato nella sezione più critica in corrispondenza della viabilità secondaria Sec 90 alla pk 127.15 che presenta in muro di altezza maggiore riportata nella Figura D.3. Il muro in gabbioni di controripa è stato verificato nella sezione più critica in corrispondenza della viabilità secondaria Sec 90 alla pk 330.00 che presenta in muro di altezza maggiore riportata nella Figura D.4.

Il dimensionamento con le relative verifiche geotecniche e di calcolo delle gabbionate sono state effettuate tramite l'utilizzo del codice di calcolo elaborato dalla Maccaferri Mac-Stars W applicando le combinazioni peggiori fornite dalle NTC 2008.

In aggiunta a tali verifiche si è valutata la stabilità del rilevato attraverso il codice di calcolo I.L.A. 32 della geo&soft in corrispondenza della sezione alla pk 2+660 in corrispondenza del rilevato di altezza massima e dove è stato valutato il contributo stabilizzante fornito dalle colonne di DMM realizzate al di sotto del rilevato.

Nella Figura D.5 è rappresentato uno stralcio della sezione geologica Sez 2 che da evidenza oltre che della geologia anche del consolidamento colonnare.

Figura D.3 – Sezione geologica alla pk 127.15 della strada sec 90 interessata dalla Frana L7_1.

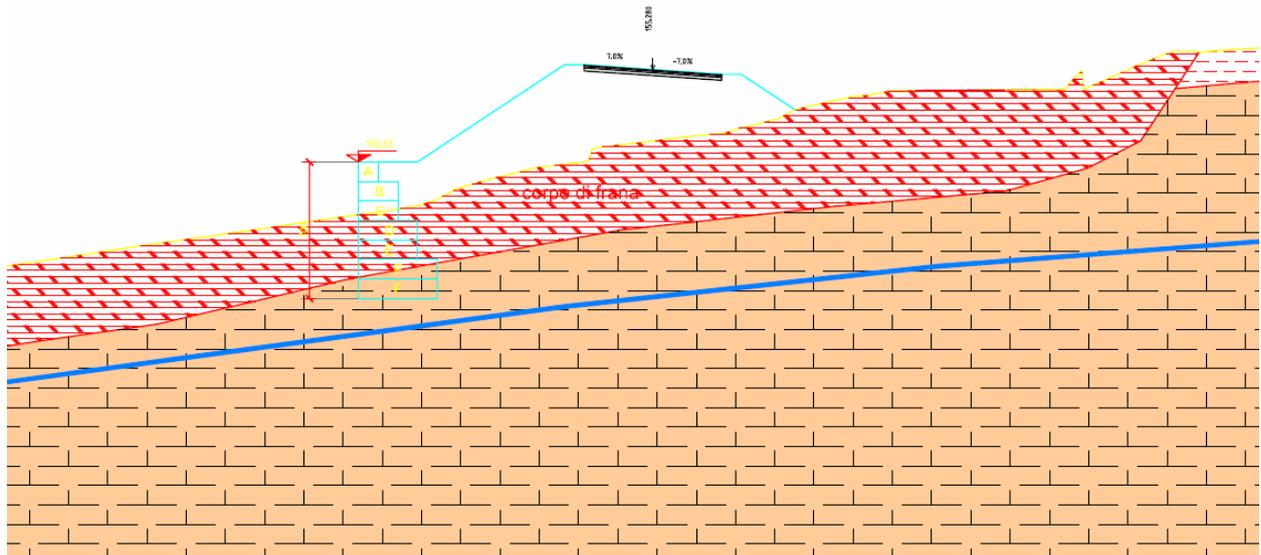


Figura D.4 – Sezione geologica alla pk 330.0 della strada sec 90 interessata dalla Frana L7_1.

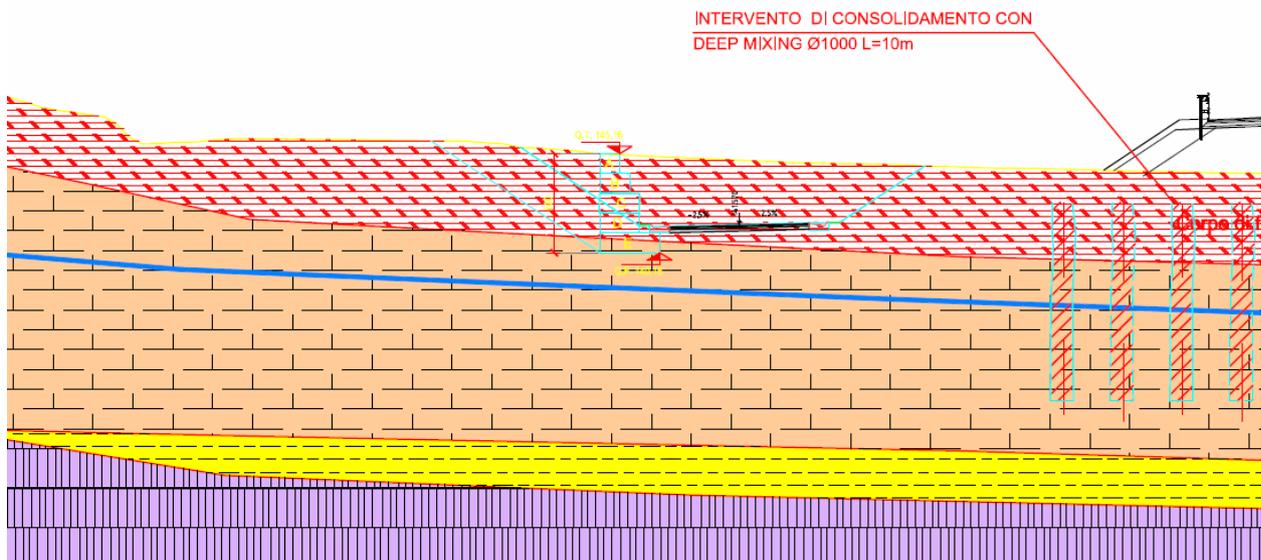
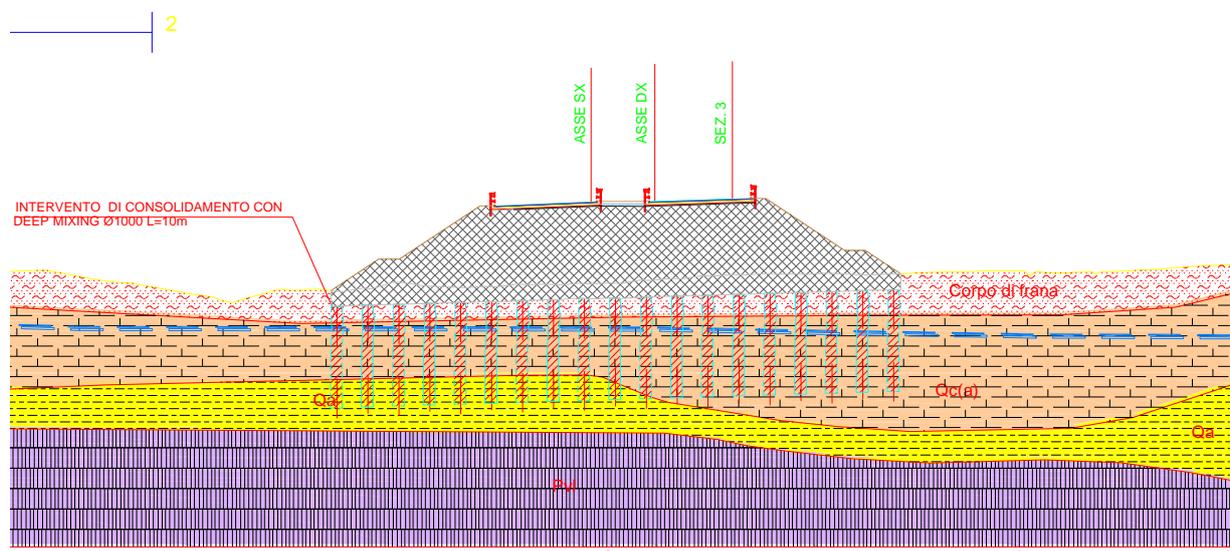


Figura D.5 – Stralcio della sezione geologica Sez. 2 interessata dalla Frana L7_1 e dal consolidamento colonnare.



I parametri utilizzati per la determinazione dell'azione sismica risultano i seguenti:

- categoria di suolo C;
- massima accelerazione orizzontale al suolo: $a_g/g = 0,376$;
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_S = 1,17$;
- Coefficiente di amplificazione topografica: $S_T = 1,000$;
- coefficiente di riduzione di a_{max} : $\beta_m = 0,28$;
- coefficiente di intensità sismica orizzontale $k_h = 0,123$

D.3.1 Gabbioni in corrispondenza della pk 127.15

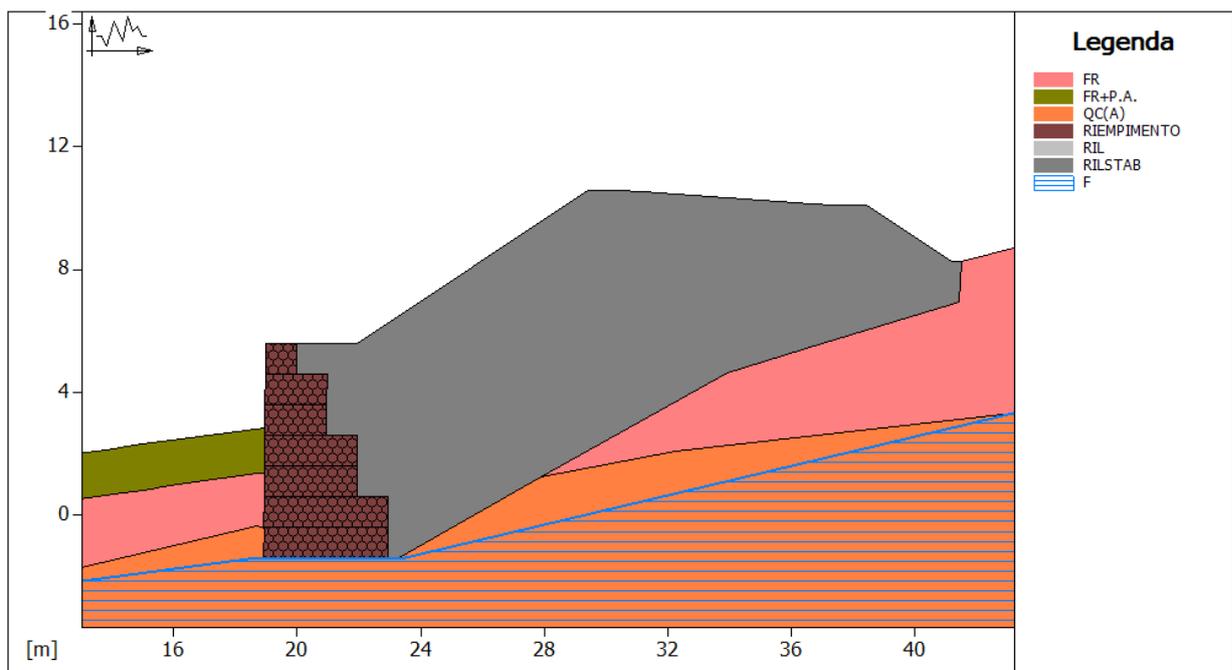
Nelle verifiche seguenti la posizione della falda è stata considerata conservativamente più alta di quella rilevata e ad una profondità prossima a quella del corpo in frana.

Le verifiche sono state svolte sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche: risultando queste ultime le più gravose si riportano nel seguito per brevità i risultati e gli output grafici per le sole condizioni sismiche.

In condizioni sismiche nel modello di calcolo è stato tenuto in conto dell'intervento superficiale di idrosemina con specie erbacee a radicazione profonda, finalizzato a realizzare un intervento di armatura vegetale a valle dell'opera: tale intervento è tale da poter considerare un valore della coesione incrementato di 15 kPa per uno strato superficiale di larghezza cautelativamente pari a 1.5 m.

I parametri meccanici utilizzati per la caratterizzazione del corpo del rilevato tengono conto della sua realizzazione con materiale stabilizzato a calce, così come indicato nella relazione geotecnica per le progressive in esame.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI



Terreno : FR

Descrizione : Frana

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²]..... : 0.00
Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]..... : 18.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 19.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 1000.00
Coefficiente di Poisson..... : 0.30

Terreno : FR+P.A.

Descrizione : Intervento con prati armati

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²]..... : 15.00
Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]..... : 18.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 19.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson..... : 0.30

Terreno : QC(A)

Descrizione : Qc(a)

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²]..... : 0.00
Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]..... : 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 18.40
Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 18.40

Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 5000.00
Coefficiente di Poisson..... : 0.30

Terreno : RIEMPIMENTO Descrizione : Riempimento

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²]..... : 12.50
Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]..... : 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 17.50
Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 17.50

Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson..... : 0.30

Terreno : RIL

Descrizione : Rilevato

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²]..... : 0.00
 Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
 Angolo d'attrito.....[°]..... : 38.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
 Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 19.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 19.00

 Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 0.00
 Coefficiente di Poisson..... : 0.30

Terreno : RILSTAB

Descrizione : Rilevato stabilizzato

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²]..... : 17.00
 Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
 Angolo d'attrito.....[°]..... : 24.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
 Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 19.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 19.00

 Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 0.00
 Coefficiente di Poisson..... : 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: 1

Descrizione: Frana+prati armati

Terreno : FR+P.A.

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
0.00	0.00	1.16	0.28	4.07	0.71	7.71	1.28

14.06	2.19	14.72	2.28	15.27	2.37	15.62	2.42
19.00	2.87	20.50	2.87	20.60	1.50		

Strato: 2

Descrizione: Qc(a)

Terreno : QC(A)

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
0.00	-4.00	2.70	-3.58	8.65	-2.72	18.72	-0.35
22.20	-1.40	23.30	-1.40	27.90	1.26	32.23	2.11
43.17	3.32	51.85	4.10	52.38	4.24	56.06	5.28
58.78	6.69	61.74	11.20				

Strato: 3

Descrizione: Rilevato

Terreno : RILSTAB

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
19.00	2.87	19.01	5.60	21.92	5.60	29.42	10.60
30.42	10.60	30.44	10.60	31.17	10.54	33.92	10.35
36.67	10.16	37.40	10.11	37.42	10.11	38.42	10.11
41.17	8.28	41.50	8.28				

Strato: 4

Descrizione: Frana

Terreno : FR

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
0.00	-1.50	1.16	-1.22	4.07	-0.79	7.71	-0.22
14.06	0.69	14.72	0.78	15.27	0.87	15.62	0.92
16.45	1.04	18.72	1.37	20.60	1.50	21.00	0.60
22.20	-1.40						

Strato: 4-1

Descrizione: Frana

Terreno : FR

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
27.90	1.26	33.90	4.65	41.17	6.88	41.19	6.88
41.44	6.95	41.50	8.28	44.24	8.99	44.75	9.01
46.07	9.26	48.75	9.26	48.95	9.26	54.94	9.31
55.13	9.62	55.76	10.28	55.85	9.55	55.85	9.31
58.21	10.37	59.99	11.13	60.29	11.17	60.31	11.17
60.40	11.28	60.52	11.28	60.52	11.28	61.32	11.28
61.65	11.28	61.74	11.20				

PROFILI FALDE FREATICHE

Falda: F

Descrizione: Falda freatica

X [m]	Y [m]	Y [m]	P [kN/m ²]	X [m]	Y [m]	Y [m]	P [kN/m ²]
0.00	-4.00			2.70	-3.58		
8.65	-2.72			18.42	-1.40		
23.50	-1.40			43.17	3.32		
51.85	4.10			52.38	4.24		
61.74	4.98						

MURI IN GABBIONI

Muro : MV1

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 18.92 Ordinata.....= -1.40

Rotazione muro..... [°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: RIEMPIMENTO

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL

Terreno di copertura.....: RIL

Terreno di fondazione.....: RIEMPIMENTO

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]
1	4.00	1.00	0.00

Muro : MV2

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 18.92 Ordinata.....= -0.40

Rotazione muro..... [°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: RIEMPIMENTO

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL

Terreno di copertura.....: RIL

Terreno di fondazione.....: RIEMPIMENTO

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]
1	4.00	1.00	0.00
2	3.00	1.00	0.00
3	3.00	1.00	0.00
4	2.00	1.00	0.00
5	2.00	1.00	0.00
6	1.00	1.00	0.00

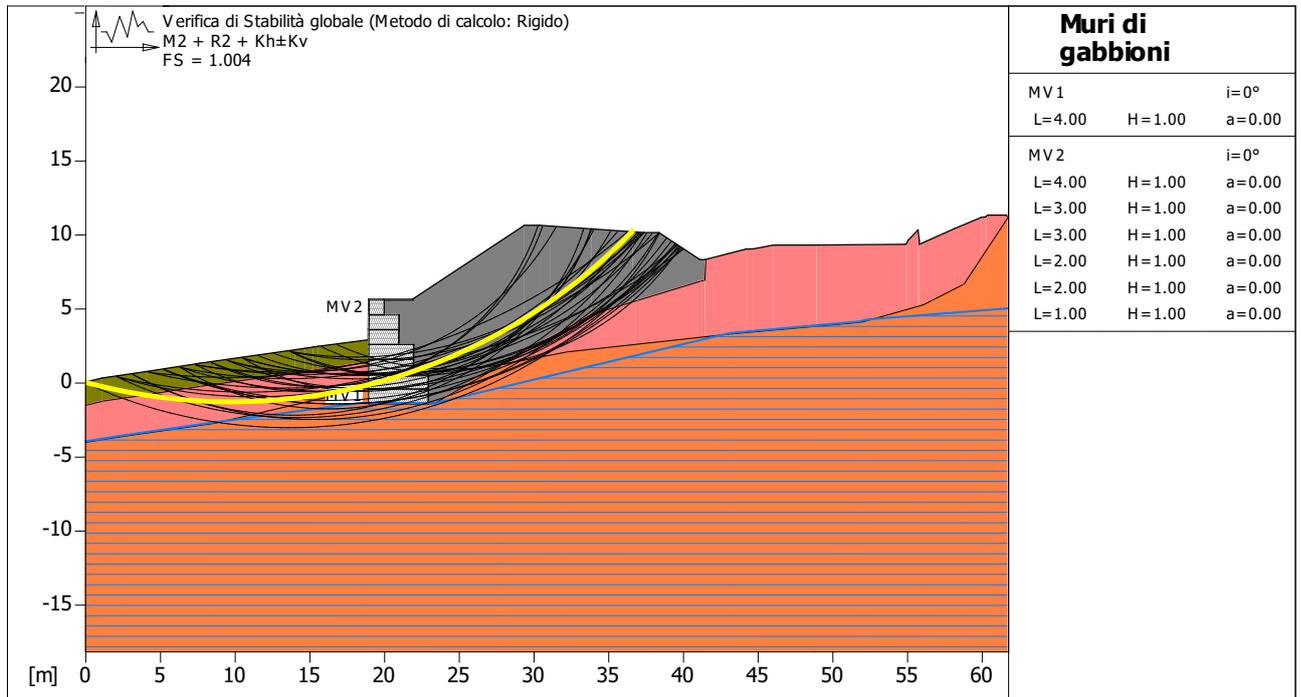
CARICHI

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione [m/s²]: Orizzontale...= 1.21 Verticale.....= 0.60

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

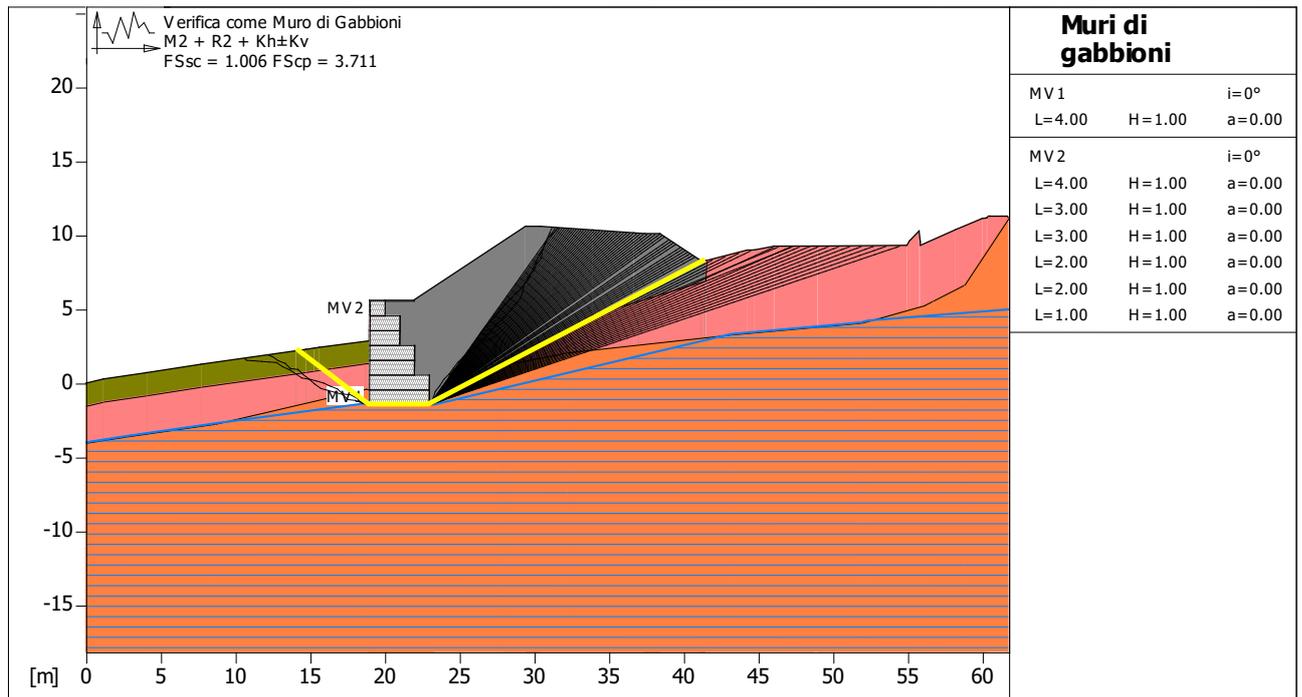
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.004

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	20.00	30.00	40.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		20	
Numero totale superfici di prova.....:		200	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.00	Sisma

- 1.25 Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
- 1.25 Coeff. Parziale - Coesione efficace
- 1.00 Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
- 1.00 Fs Rottura Rinforzi
- 1.00 Fs Sfilamento Rinforzi
- 1.10 Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MV1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 482.26

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 479.39

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 1.006

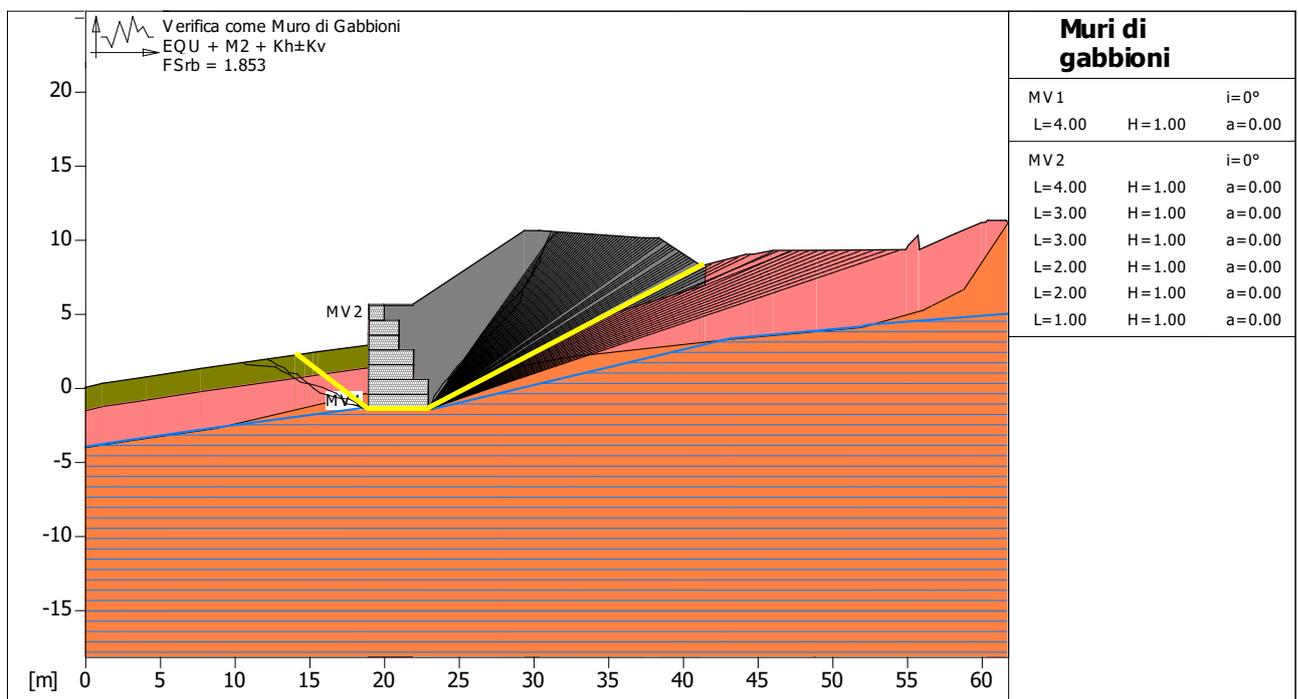
Pressione Limite.....[kN/m²].....: 782.77

Pressione massima agente.....[kN/m²].....: 210.94

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 3.711

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MV1

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 1971.00

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 1063.80

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 1.853

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

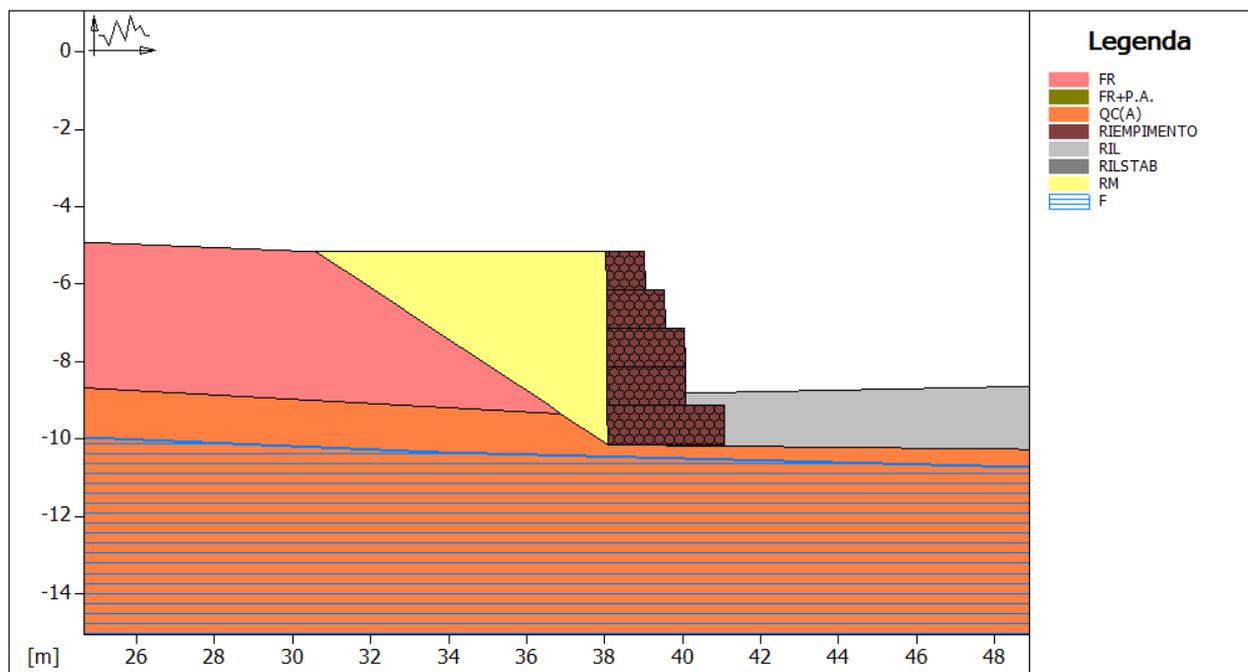
D.3.2 Gabbioni in corrispondenza della pk 330.0

Nelle verifiche seguenti la posizione della falda è stata considerata conservativamente più alta di quella rilevata e ad una profondità prossima a quella del corpo in frana.

Le verifiche sono state svolte sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche: risultando queste ultime le più gravose si riportano nel seguito per brevità i risultati e gli output grafici per le sole condizioni sismiche.

A tergo dell'opera si prevede il ritombamento dello scavo con materiale da cava o, se disponibile, con materiale dello strato di base Qc(a): a tale materiale sono stati pertanto attribuiti parametri meccanici pari a quelli del materiale di base Qc(a) con coesione nulla.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI



Terreno : FR

Descrizione : Frana

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²]..... : 0.00
Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]..... : 18.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 19.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 1000.00
Coefficiente di Poisson..... : 0.30

Terreno : FR+P.A.

Descrizione : Intervento con prati armati

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²]..... : 15.00
Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]..... : 18.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 19.00
Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson..... : 0.30

Terreno : QC(A)

Descrizione : Qc(a)

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²]..... : 0.00
Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]..... : 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 18.40
Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 18.40

Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 5000.00
Coefficiente di Poisson..... : 0.30

Terreno : RIEMPIMENTO Descrizione : Riempimento

Classe coesione..... : Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....[kN/m²]..... : 12.50
Classe d'attrito..... : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....[°]..... : 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... : 0.00
Classe di peso..... : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....[kN/m³]..... : 17.50
Peso specifico in falda.....[kN/m³]..... : 17.50

Modulo elastico.....[kN/m²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson..... : 0.30

Terreno : RIL

Descrizione : Rilevato

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]	: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]	: 38.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	: 19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	: 19.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	: 0.00
Coefficiente di Poisson.....		: 0.30

Terreno : RILSTAB

Descrizione : Rilevato stabilizzato

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]	: 17.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]	: 24.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	: 19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	: 19.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	: 0.00
Coefficiente di Poisson.....		: 0.30

Terreno : RM

Descrizione : Riempimento a tergo

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

Coesione.....[kN/m²].....: 0.00

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

Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00

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

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

Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 18.40

Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 18.40

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: 1

Descrizione: Frana

Terreno : FR

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
0.00	0.00	1.52	-0.30	2.49	-0.62	5.06	-1.30
6.39	-1.87	8.43	-2.30	10.31	-2.86	12.32	-3.16
13.24	-3.30	13.87	-3.68	14.44	-4.30	14.53	-4.34
14.62	-4.39	15.11	-4.66	15.76	-4.64	16.51	-4.59
30.59	-5.15	36.88	-9.34				

Strato: 1-1

Descrizione: Frana

Terreno : FR

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.06	-10.15	50.08	-8.64	54.39	-5.76	54.44	-5.77
54.78	-5.78	56.24	-5.82	56.71	-5.84	57.21	-5.85
57.74	-5.87	60.09	-5.90	60.59	-5.91	61.12	-5.93
61.68	-5.94	62.26	-5.95	62.86	-5.96	65.00	-5.99

Strato: 2

Descrizione: Qc(a)

Terreno : QC(A)

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	-1.25	4.15	-3.70	7.42	-5.62	12.21	-6.63
20.54	-8.46	36.88	-9.34	38.08	-10.14	56.14	-10.35
65.00	-10.54						

Strato: 3

Descrizione: Rilevato

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
40.06	-8.81	40.58	-8.81	48.58	-8.64	49.58	-8.64
50.08	-8.64						

PROFILI FALDE FREATICHE

Falda: F

Descrizione: Falda freatica

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0.00	-8.20			0.39	-8.24		
17.00	-9.63			33.75	-10.35		
65.00	-11.13						

MURI IN GABBIONI

Muro : MV1

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 41.08 Ordinata.....= -10.14

Rotazione muro..... [°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: RIEMPIMENTO

Terreno di riempimento a tergo.....: RM

Terreno di copertura.....: RM

Terreno di fondazione.....: QC(A)

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]
1	3.00	1.00	0.00
2	2.00	1.00	1.00
3	2.00	1.00	1.00
4	1.50	1.00	1.50
5	1.00	1.00	2.00

Profilo di ricopertura:

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00						

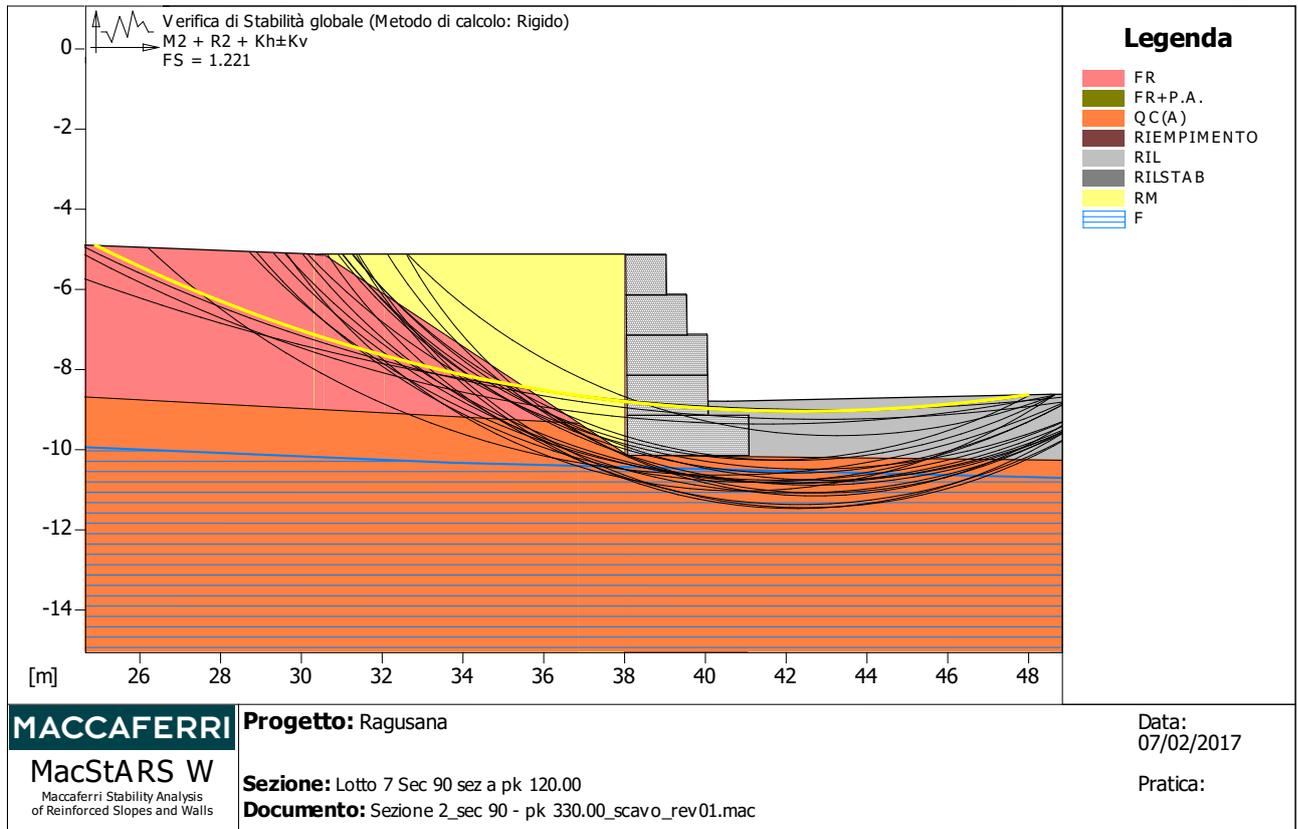
CARICHI

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione [m/s²]: Orizzontale...= 1.21 Verticale.....= 0.60

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

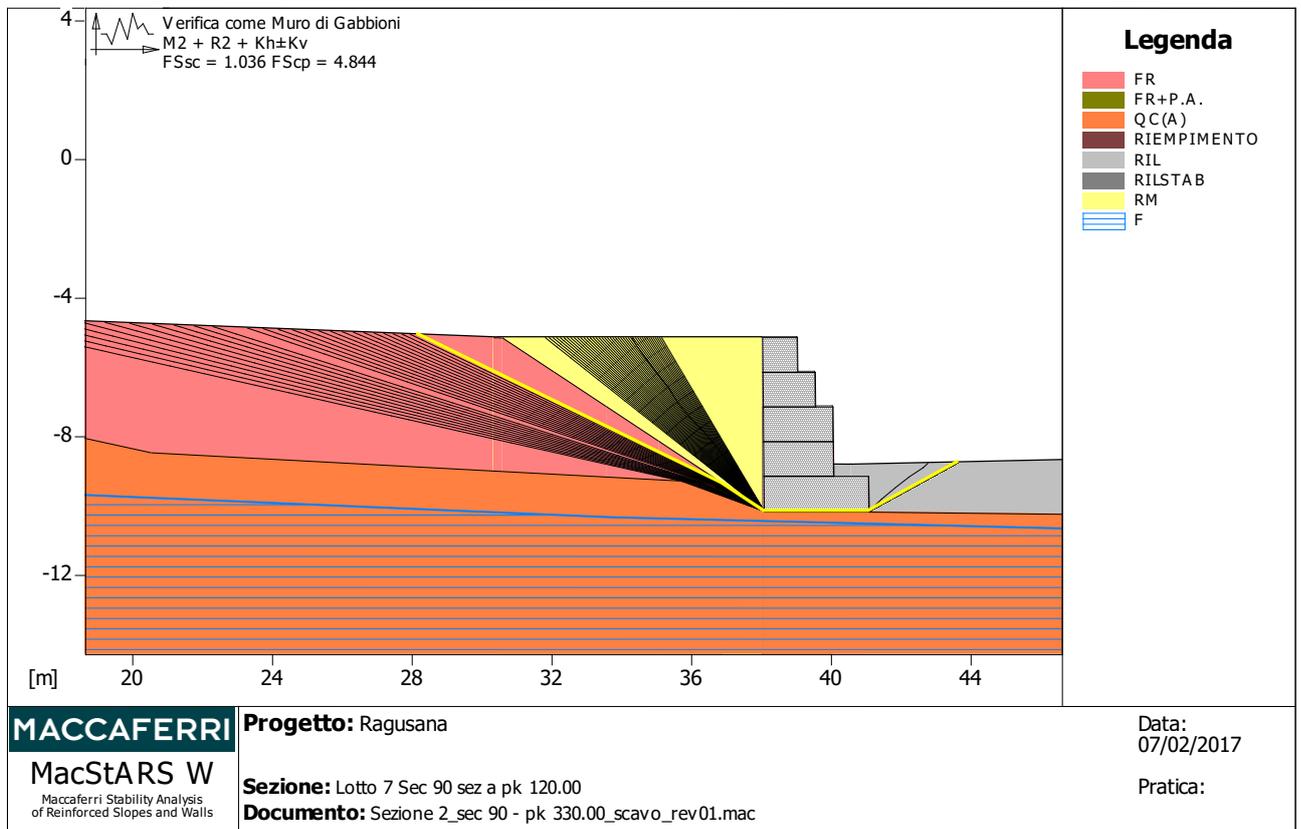
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.221

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
20.00	38.00	48.00	60.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		20	
Numero totale superfici di prova.....:		220	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

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



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MV1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 139.84

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 135.00

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 1.036

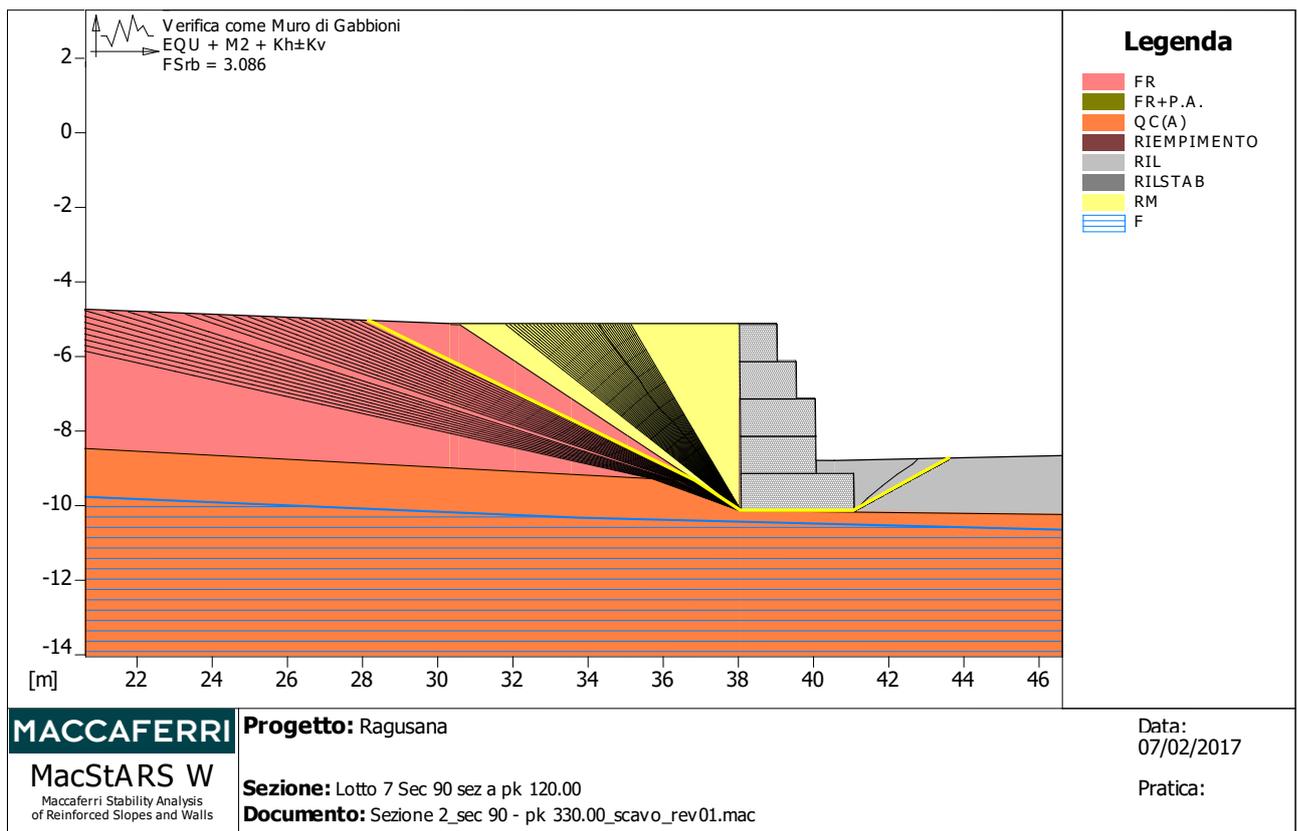
Pressione Limite.....[kN/m²].....: 412.50

Pressione massima agente.....[kN/m²].....: 85.16

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 4.844

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MV1

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 676.16

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 219.07

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 3.086

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

D.3.3 Sez. a pk 2+660

Dalla verifica seguente relativa alla combinazione di carico A2-M2-R2 eseguita con il metodo di Bishop si deduce che il corpo del rilevato è stabile con coefficienti > di 1.1.

PIANO DI CAMPAGNA

PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	19.6
Coesione [kN/m ²]	13.6
Peso di volume [kN/m ³]	19

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0	0.88
2	10	0
3	17.5	5
4	19	5
5	26.5	10
6	29.5	10
7	44	10

SUPERFICIE FALDA

Peso di volume dell'acqua [kN/m ³]	10
--	----

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0	-1.5
2	44	-1.5

DISCONTINUITA' n. 1

PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	32
Coesione [kN/m ²]	0
Peso di volume [kN/m ³]	19

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0	0.88
2	10	0
3	13	0
4	20.5	5
5	22	5
6	29.5	10
7	44	10

DISCONTINUITA' n. 2

PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	14.6
Coesione [kN/m ²]	0
Peso di volume [kN/m ³]	19

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
----------	-----------------	-----------

1	0	0.88
2	9.9	0
3	10	-1.4
4	44	-1.4

DISCONTINUITA' n. 3

PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	14.6
Coesione [kN/m ²]	24.4
Peso di volume [kN/m ³]	19

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0	-1.5
2	9.9	-1.5
3	10	-1.4
4	44	-1.4

DISCONTINUITA' n. 4

PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	29.3
Coesione [kN/m ²]	0
Peso di volume [kN/m ³]	17.7

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0	-3.5
2	44	-3.5

DISCONTINUITA' n. 5

PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	29.3
Coesione [kN/m ²]	0
Peso di volume [kN/m ³]	17.7

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0	-5.6
2	44	-5.6

COMPONENTI SISMICHE

Componente sismica orizzontale	0.123
--------------------------------	-------

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

TIPOLOGIA SUPERFICI: CIRCOLARI PASSANTI PER UN PUNTO

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Altezza maglia [m]	15
Larghezza maglia [m]	15
N. centri base	10
N. centri lato	10
Inclinazione maglia [°]	10
Ascissa punto passaggio [m]	6
Ordinata punto passaggio [m]	0.3

RISULTATI DEL CALCOLO

N.	Asc.	Ord.	FS
1	5	5	>5
2	6.67	5	>5
3	8.33	5	>5
4	10	5	1.59
5	11.67	5	1.69
11	5	6.67	>5
12	6.67	6.67	>5
13	8.33	6.67	>5
14	10	6.67	1.63
15	11.67	6.67	1.43
16	13.33	6.67	1.53
21	5	8.33	>5
22	6.67	8.33	>5
23	8.33	8.33	>5
24	10	8.33	1.67
25	11.67	8.33	1.34
26	13.33	8.33	1.46
27	15	8.33	1.37
28	16.67	8.33	1.4
29	18.33	8.33	1.5
30	20	8.33	1.63
31	5	10	>5
32	6.67	10	>5
33	8.33	10	>5
34	10	10	1.72
35	11.67	10	1.31
36	13.33	10	1.39
37	15	10	1.35
38	16.67	10	1.26
39	18.33	10	1.42
40	20	10	1.53
42	6.67	11.67	>5
43	8.33	11.67	>5
44	10	11.67	>5
45	11.67	11.67	1.27
46	13.33	11.67	1.32
47	15	11.67	1.32
48	16.67	11.67	1.3
49	18.33	11.67	1.34
50	20	11.67	1.49
52	6.67	13.33	>5

53	8.33	13.33	>5
54	10	13.33	>5
55	11.67	13.33	1.28
56	13.33	13.33	1.27
57	15	13.33	1.31
58	16.67	13.33	1.32
59	18.33	13.33	1.26
60	20	13.33	1.41
62	6.67	15	>5
63	8.33	15	>5
64	10	15	>5
65	11.67	15	1.3
66	13.33	15	1.23
67	15	15	1.28
68	16.67	15	1.32
69	18.33	15	1.3
70	20	15	1.3
72	6.67	16.67	>5
73	8.33	16.67	>5
74	10	16.67	>5
75	11.67	16.67	1.34
76	13.33	16.67	1.19
77	15	16.67	1.26
78	16.67	16.67	1.33
79	18.33	16.67	1.33
80	20	16.67	1.32
83	8.33	18.33	>5
84	10	18.33	>5
85	11.67	18.33	>5
86	13.33	18.33	1.17
87	15	18.33	1.24
88	16.67	18.33	1.36
89	18.33	18.33	1.36
90	20	18.33	1.34
93	8.33	20	>5
94	10	20	>5
95	11.67	20	>5
96	13.33	20	1.14
97	15	20	1.23
98	16.67	20	1.34
99	18.33	20	1.39
100	20	20	1.38

LEGENDA

CODICE	DESCRIZIONE
N.	Numero superficie
Asc.	Ascissa del centro [m]
Ord.	Ordinata del centro [m]
FS	Fattore di sicurezza