

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
SACYR S.A.U. (MANDANTE)
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

IL PROGETTISTA
Studio FC&RR Associati s.r.l.
Dott. Ing. F. Cavallaro
Ordine Ingegneri Messina
n° 1110
Dott. Ing. E. Pagani
Ordine Ingegneri Milano
n° 15408



IL CONTRAENTE GENERALE
Project Manager
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA
Direttore Generale e
RUP Validazione
(Ing. G. Fiammenghi)

STRETTO DI MESSINA
Amministratore Delegato
(Dott. P. Ciucci)

	COLLEGAMENTI VERSANTE SICILIA	
<i>Unità Funzionale</i>	CANTIERI	CZ0541_F0
<i>Tipo di sistema</i>	SITI DI STOCCAGGIO - CAVE	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE – SD.68	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA	
<i>Titolo del documento</i>		

CODICE

C G 2 8 0 0 P R B D S C Z C 4 S D 6 8 0 0 0 0 0 1 F0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	FERRO	FLERES	RUGOLO

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

INDICE

Relazione Geotecnica.....		5
1 Normativa di riferimento.....		5
2 Caratteristiche dell'opera		7
3 Stato dei luoghi		9
4 Inquadramento geologico e geotecnico.....		11
4.1 Caratteristiche geologiche.....		11
4.2 Caratteristiche di acclività e permeabilità.....		11
4.3 Indagini svolte		11
4.4 Litotipi e successione stratigrafica.....		12
4.4.1 Terreni in situ.....		12
4.4.2 Terreni del deposito.....		13
4.5 Parametri geomeccanici.....		13
5 Caratterizzazione sismica dell'area		15
6 Metodi di calcolo		16
6.1 Parametri adottati		16
6.2 Stabilità d'insieme		16
7 Verifiche geotecniche		19
7.1 Stabilità d'insieme		19

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Relazione Geotecnica

La presente relazione geotecnica definitiva ha per oggetto la caratterizzazione meccanica dei terreni interessati dalla esecuzione dei lavori in oggetto e più specificamente al sito di deposito denominato SRA1.

In particolare, dopo un sintetico riepilogo di tutte le indagini eseguite e dei risultati acquisiti, si procederà alla caratterizzazione geotecnica dei vari strati rinvenuti, alla illustrazione dei diversi metodi di calcolo adottati, alla descrizione della campagna di controlli in corso d'opera.

1 Normativa di riferimento

I calcoli e le verifiche sono state effettuate sulla base dei seguenti dispositivi di legge o regolamenti:

- Legge 05.11.1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica";
- Legge 02.02.74 n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 14.01.08 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Circ. 02.02.09 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Eurocodice 2 "Progettazione di strutture in calcestruzzo" EN 2002.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Caratteristiche dell'opera

Il deposito in parola interesserà per 24.700 mq, pari a circa il 40%, il bacino generale che ha una estensione di 59.400 mq; sarà costituito da materiale incoerente proveniente dallo scavo delle trincee e delle gallerie stradali.

Al piede del deposito verrà realizzata un'opera di sostegno costituita da terra rinforzata, dell'altezza di 5,0 m; le banche delle rilevato avranno larghezza di 4,0 m mentre le scarpate, con pendenza 2/1, avranno altezza di 6,0 m.

Al fine di regimentare le acque di ruscellamento che interesseranno sia le pendici esistenti che il corpo di depositi si è previsto di eseguire canali di gronda in materassi metallici, a monte e sui lati del corpo deposito, una vasca di raccolta dei canali suddetti e di dissipazione prima del rilascio dell'acqua nel naturale impluvio esistente a valle del sito di deposito, opere minori, canalette e pozzetti, per la raccolta delle acque interessanti il corpo del deposito.

Oltre ai sistemi di raccolta e convogliamento delle acque, al fine di evitare pericolosi fenomeni di dilavamento superficiale, è previsto l'inerbimento delle scarpate e la piantumazione di essenze arbustive autoctone, a rapido attecchimento e con apparato radicale sufficientemente profondo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Stato dei luoghi

L'area in esame ricade nella parte Nord del Comune di Messina, in contrada Serri, poco a monte della esistente SP 48 Strada Panoramica dello Stretto.

Ha forma grossolanamente rettangolare poco allungata, con asse principale secondo la direttrice NW-SE; ha una estensione complessiva di 59.400 mq e si sviluppa fra le quote 101,10 e 67,80 s.l.m..

In atto nella zona le acque meteoriche ruscellano naturalmente lungo le pendici collinari e si incanalano senza regimentazione alcuna lungo il naturale impluvio che si sviluppa pressappoco secondo l'asse longitudinale dell'area in parola.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Inquadramento geologico e geotecnico

4.1 Caratteristiche geologiche

Dalla relazione geologica e idrologica, alla quale si rimanda per maggiori dettagli, si evince come l'area in esame ricada interamente all'interno della formazione denominata Sabbie e Ghiaie di Messina. Affiorano nel sito in studio e sono caratterizzate da una copertura di circa 0,70 mt. – 1,00 mt. di suolo agrario, successivamente si passa a sabbie e ghiaie medio grossolane con presenza di matrice sabbiosa. A nord della città caratterizzano con continuità tutto il settore ad est della faglia orientata N10E passante per Portella Arena. In generale questa formazione presenta una immersione verso E. SE con valori di inclinazione di 20-25°. Gli elementi principali hanno una granulometria dell'ordine di 4 – 5 cm, ed all'interno di questa formazione si riscontrano anche elementi di dimensioni decimetrici. La natura di questi elementi è quasi sempre metamorfica e di forma ben arrotondata.

Sotto il profilo morfo-strutturale, nell'area rilevata non si riscontrano fratture, faglie e cavità che possano pregiudicare la stabilità dell'area, non si evidenziano dissesti in atto o potenziali, e la consultazione della carta del "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)" - non indica nessun vincolo in quest'area, sia di dal punto di vista della "pericolosità che del rischio geomorfologico, che della pericolosità idraulica che per fenomeni di esondazione".

4.2 Caratteristiche di acclività e permeabilità

Ancora con riferimento alla relazione citata al precedente punto, si rileva come nel caso in esame ci si trovi di fronte ad un'area caratterizzata da acclività medio bassa (per lo più inferiore al 10% ed in ridotte zone compresa fra il 10% e il 25%) mentre i terreni interessati hanno caratteristiche di permeabilità medio-alta, stimabile in $K > 10^{-2}$ m/s.

4.3 Indagini svolte

In questa fase progettuale si fa principalmente riferimento a dati forniti dalla Soc. Eurolink S.C.P.A, in modo da poter definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, e la categoria del suolo. I sondaggi a cui ci si riferisce sono i seguenti:

- Sondaggio n° S409 (perforazione a carotaggio continuo ml. 30,00);
- Sondaggio n° S411 (perforazione a carotaggio continuo ml. 35,00);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 – RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I litotipi intercettati sono di origine sedimentaria caratterizzati principalmente da sabbie e ghiaie grossolane con presenza di debole frazione limosa.

Durante la fase di perforazione sono state eseguite prove SPT, per una caratterizzazione fisico-meccanica in situ dei terreni. Queste sono indicate nelle colonne stratigrafiche, e qui vengono riassunte le prove fino a 9,00 mt. di profondità:

Sondaggio S409:	profondità dal p.c. - 1,50 mt.	2 – 02 – 03
	profondità dal p.c. - 3,00 mt.	8 – 16 – 18
	profondità dal p.c. - 4,50 mt.	13 – 18 – 21
	profondità dal p.c. - 6,00 mt.	18 – 19 – 19
	profondità dal p.c. - 7,50 mt.	16 – 20 – 22
	profondità dal p.c. - 9,00 mt.	09 – 14 – 16

Tabella 4.1: Sondaggio S409.

Sondaggio S411:	profondità dal p.c. - 1,50 mt.	3 – 03 – 05
	profondità dal p.c. - 3,00 mt.	2 – 01 – 01
	profondità dal p.c. - 4,50 mt.	3 – 05 – 06
	profondità dal p.c. - 6,00 mt.	10 – 10 – 08
	profondità dal p.c. - 7,50 mt.	10 – 23 – 24
	profondità dal p.c. - 9,00 mt.	22 – 16 – 18

Tabella 4.2: Sondaggio S411.

4.4 Litotipi e successione stratigrafica

Si riporta di seguito una breve descrizione dei litotipi rinvenuti e una ricostruzione della successione stratigrafica; si rimanda alla citata relazione geologica per informazioni di dettaglio.

4.4.1 Terreni in situ

Alluvioni recenti ed attuali - Affiorano a valle del sito in studio, ed in particolare in corrispondenza della piana alluvionale in prossimità della S.S. 113 ME – PA. Sono depositi sabbioso-limosi e ghiaiosi presenti delle aste fluviali, e lungo la costa vengono distribuiti dal moto ondoso dando origine ai depositi litorali. Il loro spessore è variabile e tende a crescere spostandoci verso la costa. Formazione delle sabbie e ghiaie di Messina - Affiorano nel sito in studio e sono caratterizzati da

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

una copertura di circa 0,70 mt. – 1,00 mt. di suolo agrario, successivamente si passa a sabbie e ghiaie medio grossolane con presenza di matrice sabbiosa. A nord della città caratterizzano con continuità tutto il settore ad est della faglia orientata N10E passante per Portella Arena. In generale questa formazione presenta una immersione verso E. SE con valori di inclinazione di 20-25°. Gli elementi principali hanno una granulometria dell'ordine di 4 – 5 cm, ed all'interno di questa formazione si riscontrano anche elementi di dimensioni decimetrici. La natura di questi elementi è quasi sempre metamorfica e di forma ben arrotondata. Sondaggio eseguiti in zona limitrofa hanno evidenziato uno spessore oltre 30 mt.

4.4.2 Terreni del deposito

Materiali provenienti da scavi all'aperto e in sotterraneo – Saranno costituiti da materiali appartenenti alle formazioni sopra descritte; quelli provenienti dallo scavo in sotterraneo potranno presentare al loro interno ridotte frazioni di cemento (inferiore al 5%) derivante dai preconsolidamenti eseguiti in avanzamento.

4.5 Parametri geomeccanici

Con riferimento a quanto riportato nella relazione geologica si adottano:

Terreno in situ:

$$\gamma = 18,0 / 20,0 \text{ kN/m}^3;$$

$$c' = 0,0 \text{ MPa};$$

$$\varphi' = 32 / 36^\circ.$$

Terreno del deposito (costipato):

$$\gamma = 17,0 / 19,0 \text{ kN/m}^3;$$

$$c' = 0,0 \text{ MPa};$$

$$\varphi' = 30 / 32^\circ.$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0

5 Caratterizzazione sismica dell'area

Ai fini della caratterizzazione sismica l'azione viene valutata in riferimento ad una probabilità di superamento inferiore al 10%, corrispondente alla condizione di SLV.

La struttura in oggetto ricade in classe II, con coefficiente di uso (C_u) pari a 1.0, e la vita utile associata, per opera non strategica, viene posta pari a 50 anni.

Il terreno di riferimento per la caratterizzazione sismica, nel caso di opera di sostegno di terrapieno, viene valutato in base alla tipologia di terreno naturale alla base del terrapieno. Nel caso specifico si fa riferimento a terreno di tipo C.

In accordo con il DM 14.01.08 il coefficiente sismico k_h è definito dalla correlazione siffatte (pt. 7.11.3.5):

$$k_h = \beta_m a_{max}/g = \beta_m (S_s S_t a_g)/g; k_v = \pm 0.5 k_h$$

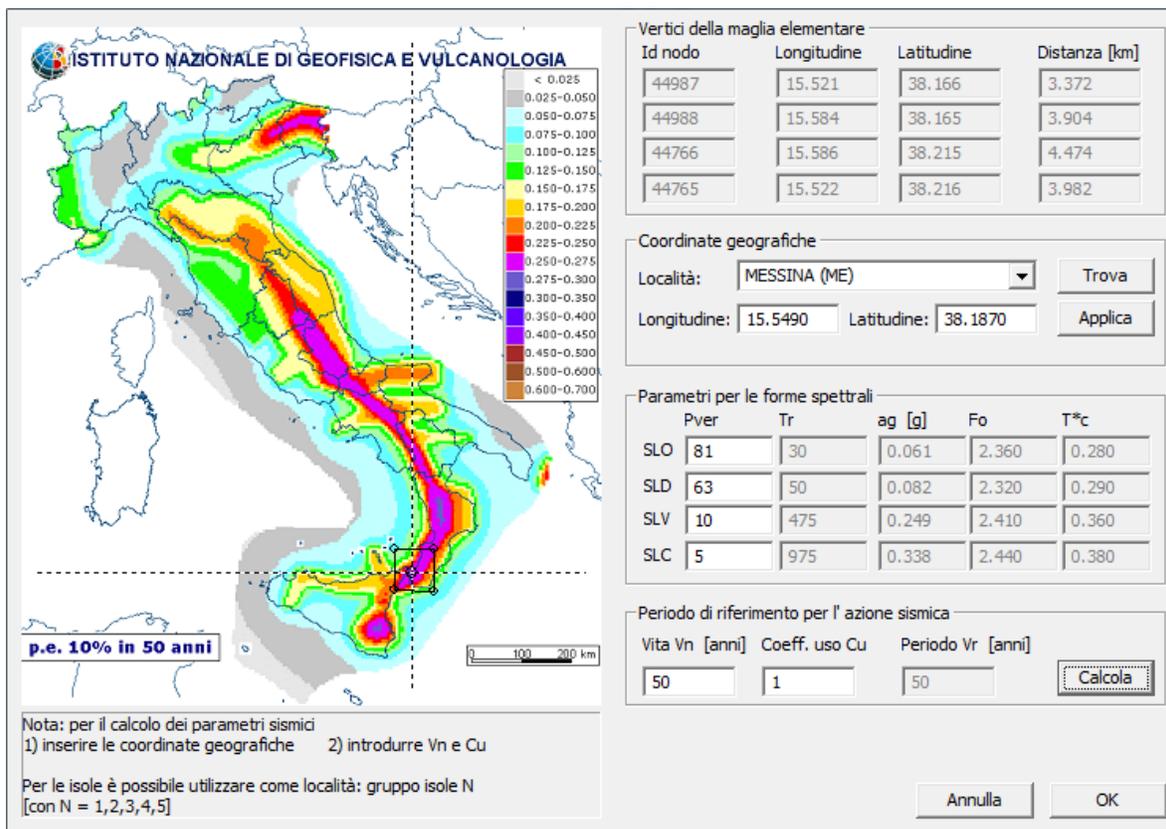


Figura 5.1: Valutazione della pericolosità sismica.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 – RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6 Metodi di calcolo

Di seguito vengono illustrati i metodi di calcolo utilizzati per le verifiche geotecniche riportate nei paragrafi seguenti; preliminarmente si riportano i valori dei principali parametri caratteristici adottati.

6.1 Parametri adottati

Per le successive calcolazioni geotecniche si assume:

Terreno in situ:

$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$;

$c' = 0,0 \text{ MPa}$;

$\varphi' = 34^\circ$.

Terreno del deposito (costipato):

$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$;

$c' = 0,0 \text{ MPa}$;

$\varphi' = 31^\circ$.

6.2 Stabilità d'insieme

Con riferimento alle indicazioni fornite nei paragrafi precedenti si effettua la verifica di stabilità globale del pendio (comprensivo del fronte in terra rinforzata), procedendo in accordo con il metodo di Bishop.

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i) b_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da:

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Data la presenza di un elemento di sostegno posto al piede del pendio, identificato con l'opera in terra rinforzata, il cerchio di scorrimento globale verrà condizionato a passare lungo lo spigolo posteriore (a contatto con il terrapieno) della fondazione del muro in terra rinforzata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7 Verifiche geotecniche

7.1 Stabilità d'insieme

Si riportano i diagrammi di verifica della stabilità globale del sistema modellato come in figura, evidenziando il cerchio critico caratterizzato dal minor coefficiente di sicurezza.

In accordo con le indicazioni del DM.14.01.08 la verifica di sicurezza in condizioni sismiche viene effettuata riducendo i parametri geomeccanici con i coefficienti M2 ed utilizzando valori unitari per la combinazione delle azioni sollecitanti (rif 7.11.1 DM 14.01.08); la verifica viene garantita dal mantenimento di valori sollecitanti puramente inferiori ai valori resistenti, e pertanto con coefficienti di sicurezza pari all'unità (rif 7.11.4 DM 14.01.08).

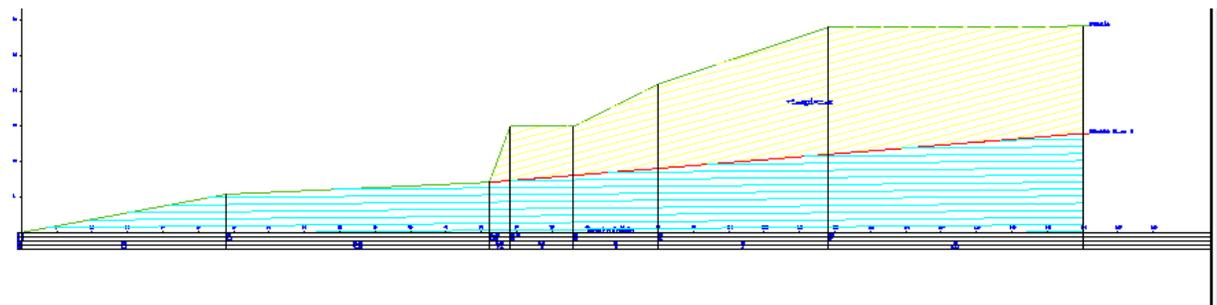


Figura 7.1: Modello superficie pendio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRA1 – RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0541_F0_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

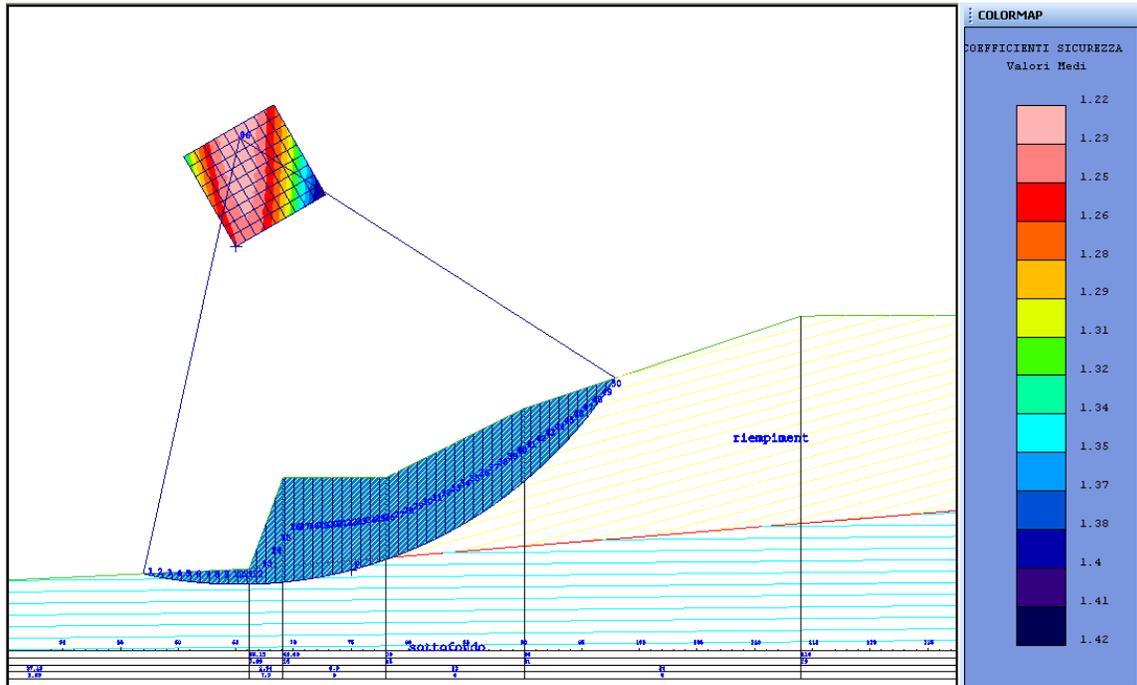


Figura 7.2: Cerchio critico in condizioni statiche.

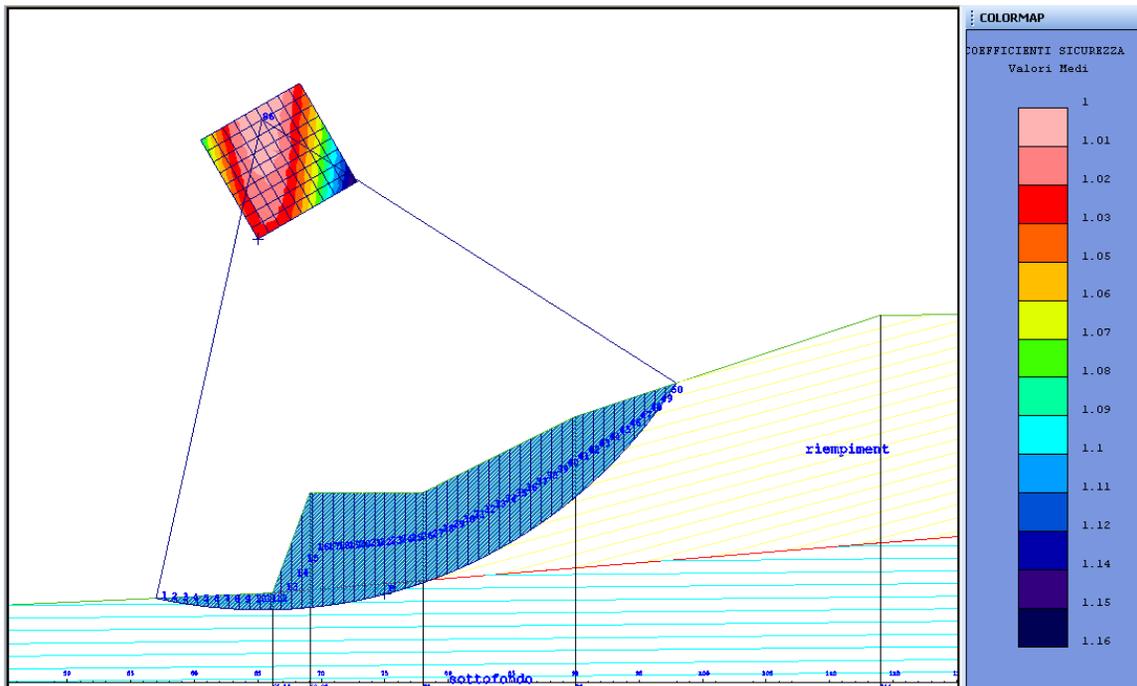


Figura 7.3: Superficie critica in condizioni sismiche.