

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)

<p>IL PROGETTISTA PROGLOBAL Dott. Ing. B. Polifroni Ordine Ingegneri Reggio Calabria n° A1845 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	--	---	--

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA <i>Tipo di sistema</i> CANTIERI <i>Raggruppamento di opere/attività</i> SITI DI STOCCAGGIO - CAVE <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> SITI DI RECUPERO AMBIENTALE – SD.19 <i>Titolo del documento</i> CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RIULTATI DELLE INDAGINI</p>	<p>CZ0175_F0</p>
---	------------------

CODICE	C G 1 4 0 0	P	R B	D	C	C Z	C 4	S D	1 9	0 0	0 0	0 2	F0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	ZANGHI'	G.POLIFRONI	B.POLIFRONI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

INDICE

1.	Introduzione	5
2.	Normativa di riferimento	7
3.	Inquadramento geologico	7
4.	Indagini geognostiche	9
5.	Caratterizzazione geotecnica	11
5.1	Stato iniziale materiali	12
5.2	Stima delle caratteristiche meccaniche	13
5.3	Problematiche geotecniche	13
6.	Pericolosità sismica	13
7.	Fasi costruttive	17
8.	Modello di calcolo	17
9.	Risultati di calcolo	19
9.1	Sezione D-D	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
10.	Tabulati di calcolo	29
10.1	Tabulato di input	29
10.2	Tabulato di output	40
11.	Premessa	45
12.	Prove penetrometriche dinamiche pesanti	47
13.	Indagine sismica	49
13.1	Multichannel analysis of surface waves (masw)	49

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

1. Introduzione

Nella presente relazione si esaminano, dal punto di vista geotecnico, le problematiche relative alla progettazione del deposito di materiale inerte denominato “CRA2”, che sorgerà nella parte iniziale in località denominata “La Zingara”, e nella parte finale in località Valle di Gullo, nel territorio comunale di Melicuccà, provincia di Reggio Calabria.

Verranno, inoltre, dettagliatamente descritte le analisi di stabilità del versante in oggetto, effettuate secondo il metodo **Shear Strength Reduction (SSR)**, applicato ad un modello agli elementi finiti a comportamento elasto-plastico.

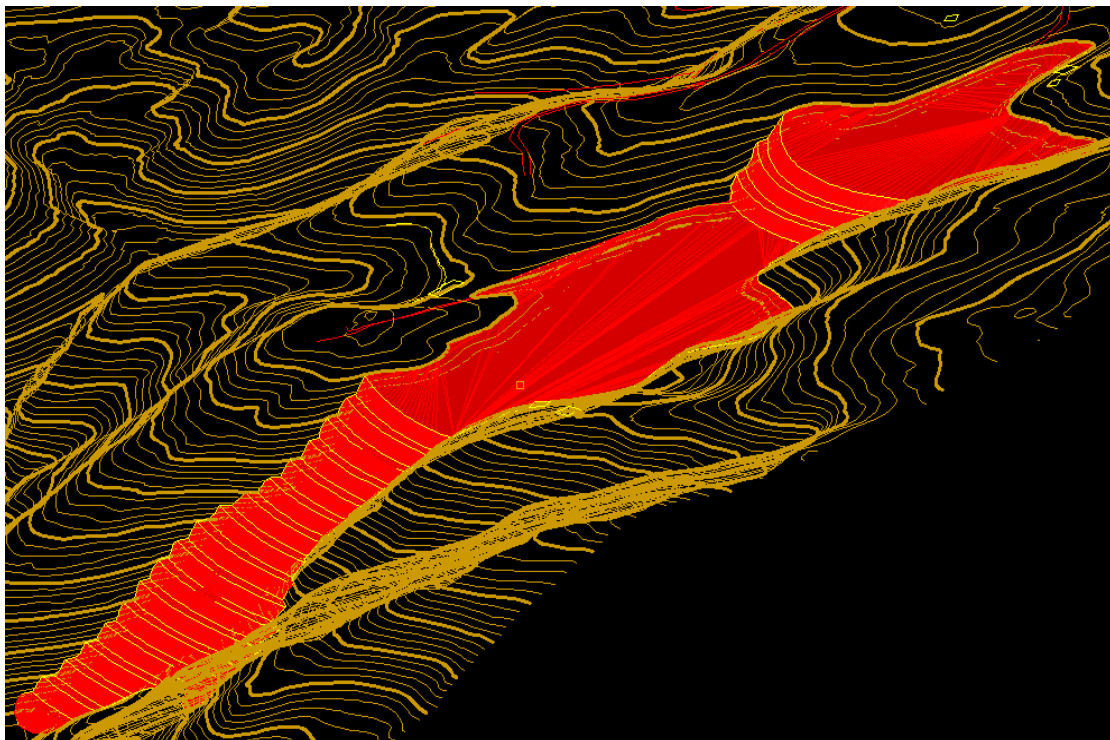


Figura 1.1 : Modello tridimensionale a curve di livello del deposito “CRA2”

Il riempimento del deposito verrà realizzato in una progressiva successione di stratificazioni di spessore pari a circa 5.00 m. La sezione di studio utilizzata nell’analisi è indicata in planimetria con le lettere D-D e percorre nel senso longitudinale l’intero deposito.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

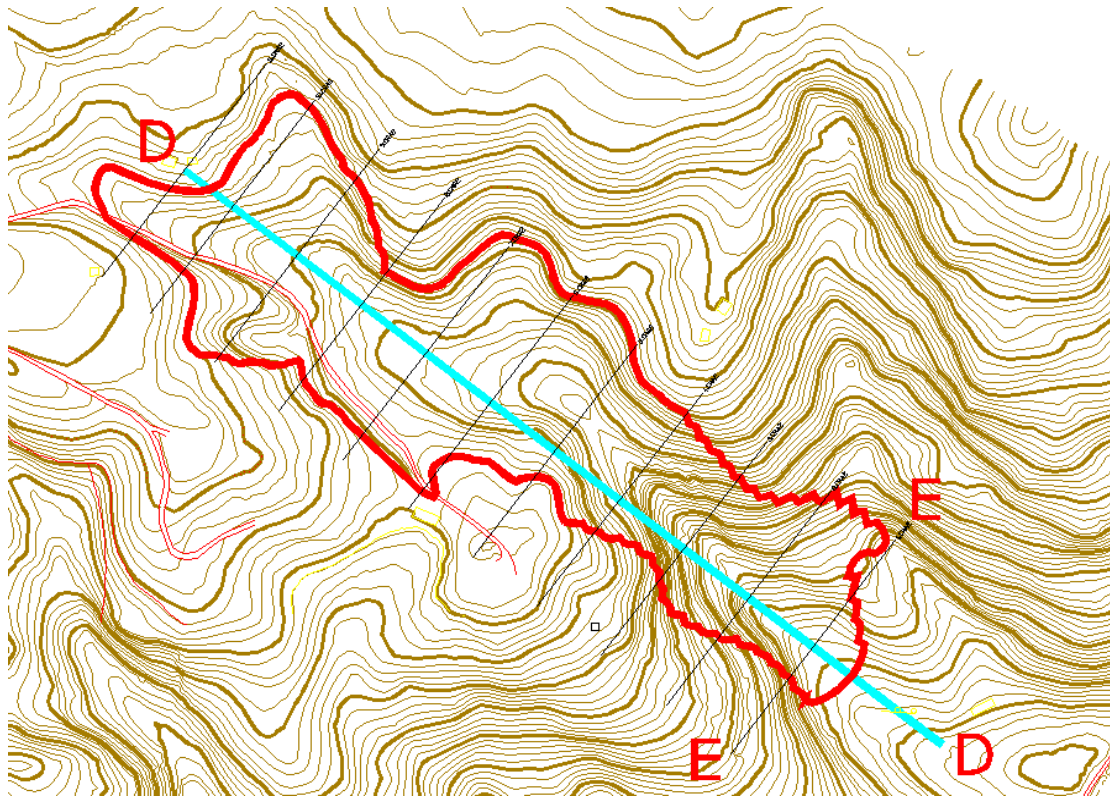


Figura 1.2 : Planimetria del deposito "CRA2" con indicazione della sezione di calcolo

Le analisi svolte hanno messo in evidenza la necessità di rimuovere lo strato superficiale di argilla limosa di caratteristiche meccaniche scadenti, per garantire le condizioni di sicurezza del deposito nel tempo. Lo strato rimosso verrà sostituito dal materiale di risulta.

Per il riciclo del materiale scavato, si prevede di miscelare lo stesso con il materiale di risulta che costituirà il deposito.

Per quanto riguarda gli aspetti litologici, geologici ed idrogeologici dei siti trattati si fa riferimento alle specifiche relazioni generali che, relativamente a ciascun ambito, forniscono dettagliatamente le indicazioni su tutta la tratta interessata dai lavori. In particolare, per la parte in oggetto gli elaborati di riferimento sono i seguenti:

Geologia: Relazione Geologica generale e annesse relazioni idrogeologiche

- per la Calabria CG0800PRGDCSBC6G000000001A;

Geotecnica: Relazione Geotecnica generale

- per la Calabria CG0800PRBDCSBC8G000000001A;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Di seguito si riportano le normative utilizzate, i parametri geotecnici adottati, i modelli di calcolo e le verifiche di stabilità dell'opera in esame.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto a cui il presente documento si affianca.

2. Normativa di riferimento

- D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008, pubblicato su S.O. alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- CIRCOLARE 2 Febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008 (GU n.47 del 26 Febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n.27)
- UNI ENV 1997: "Eurocodice 7. Progettazione geotecnica"

3. Inquadramento geologico

Dalle analisi delle carte geologiche della zona di interesse dove sorgerà il deposito, e dai rilievi eseguiti, si evince che l'area interessata é prevalentemente composta da rocce sedimentarie, sovrapposte in discordanza stratigrafica su un basamento cristallino di rocce di età paleozoica.

Il profilo longitudinale dell'asta valliva presenta una morfologia strettamente legata alle caratteristiche litotecniche delle rocce affioranti nel bacino imbrifero. Nell' altopiano affiorano terreni sabbiosi ben addensati, mentre nella parte terminale segue un breve tratto in cui affiora la roccia granitica. Successivamente appaiono nuovamente le rocce sedimentarie sabbiose, presenti nel primo tratto.

Si distinguono le seguenti formazioni:

- **Complesso di rocce acide a composizione granitoide - γ - (Paleozoico):** costituiscono degli affioramenti discontinui e molto limitati nell'area in esame. La roccia appare fortemente fratturata, con frequenti fessurazioni. In corrispondenza degli stadi di alterazione molto avanzati (generalmente limitati alla parte più superficiale dell'ammasso) la roccia si presenta come un sabbione.
- **Sabbie di colore biancastro – Ps¹⁻² - (Pliocene medio – sup.) :** questa è la formazione maggiormente presente nell'area del bacino imbrifero. Prevalentemente è composta da sabbie, con granulometria varia, e presenta una moderata resistenza ai fenomeni di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

ruscellamento. La sua permeabilità può essere considerata su scala medio-alta, favorendo i fenomeni di infiltrazione dell'acqua piovana nel sottosuolo.

- **Depositi alluvionali eterogenei - q^{cl-s} - (Pleistocene medio – sup.)** : questa formazione affiora nella parte alta del bacino considerato, ed è composta da sabbie-argillose. La permeabilità risulta molto variabile, si attesta su valori medi in corrispondenza di sedimenti grossolani, mentre è bassa nei settori in cui i sedimenti sono prevalentemente argillosi.
- **Depositi di soliflusso e dilavamento - a - (Olocene)** : questi depositi affiorano nei settori più pianeggianti del fondovalle e sono caratterizzati da depositi colluviali, costituiti da argilla sabbiosa-limoso con piccoli ciottoli.

La circolazione idrica superficiale del bacino di interesse risulta praticamente trascurabile, anche in occasione di eventi piovosi intensi e prolungati, considerato che le acque piovane di ruscellamento, raccolte nel bacino, defluiscono sul fondovalle del torrente Torbido. La circolazione idrica sotterranea sottolinea una permeabilità decrescente con la profondità.

I livelli sabbiosi presentano una permeabilità medio-alta. Questo determina condizioni idrogeologiche favorevoli per una falda acquifera di tipo freatico, al contatto tra i depositi molto permeabili ed il basamento granitico praticamente impermeabile.

Nei punti in cui sono state effettuate le prove, fino alla profondità di 14.20 m, non è stata rilevata la presenza d'acqua nel sottosuolo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

4. Indagini geognostiche





Sulla base dello studio geologico è stata definita una campagna di indagini geotecniche, finalizzata alla caratterizzazione dei parametri meccanici del volume di terreno oggetto del deposito.

Si è fatto riferimento anche alle prove eseguite nell'adiacente bacino relativo al deposito CRA1.

In particolare, la campagna di prove eseguite è costituita da:

- n. 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH)
- n.1 prospezione sismica MASW

Le indagini riassumono quattro litotipi, rappresentati rispettivamente da:

1.  Argilla debolmente limosa a consistenza dura
2.  Sabbia limosa con piccoli ciottoli a consistenza mediamente densa
3.  Sabbia limosa con piccoli ciottoli a consistenza molto addensata
4.  Roccia granitica molto fratturata ed alterata nella parte superficiale

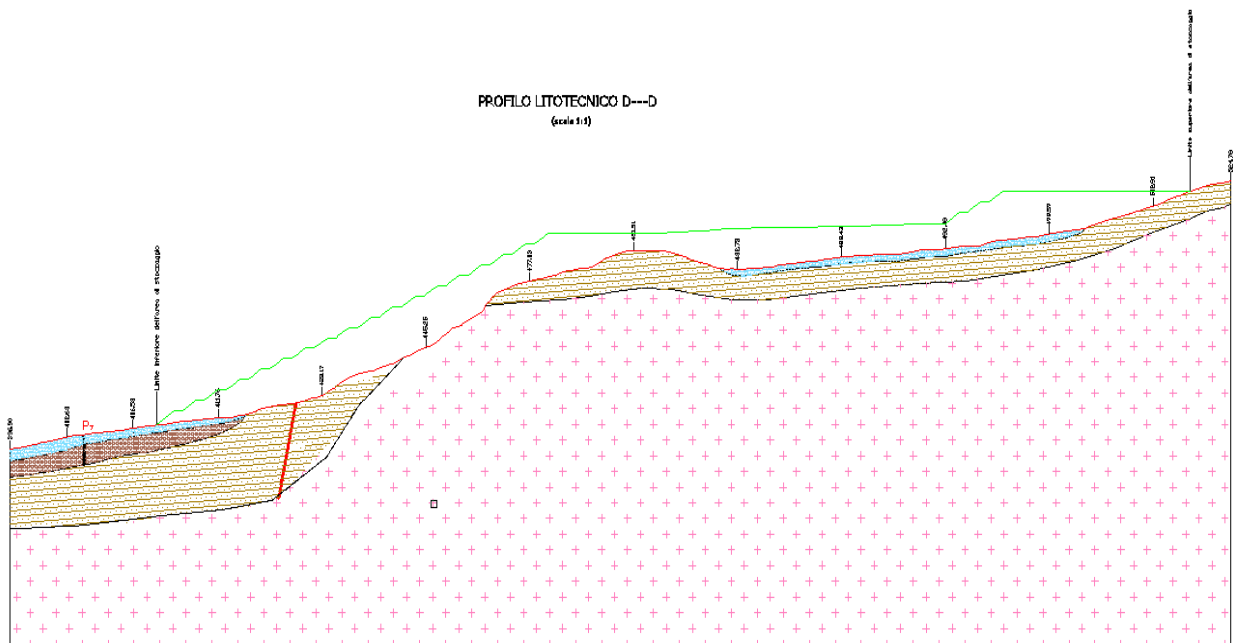


Figura 4.1 : Sezione litotecnica di studio

L' **argilla sabbiosa consistenza dura** corrisponde approssimativamente a prodotti di soliflussione e dilavamento. Il numero di colpi oscilla tra 5.23 e 8.57, con spessori variabili da 1.80 m a 4.80 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Dal punto di vista geotecnico si presenta come *argilla normalconsolidata*, a consistenza variabile da plastica a dura, con un livello di compressibilità media.

Il secondo strato (**sabbia limosa a consistenza mediamente densa**), è costituita da depositi di ambiente alluvionale, formati da sabbia limosa. Il numero di colpi oscilla tra 27.43 e 28.49. La natura di questa formazione si presenta molto simile a quella dei terreni granulari.

Il terzo strato (**sabbia limosa a consistenza molto addensata**) presenta caratteristiche simili alla formazione pliocenica. Esso si trova in condizione di sovraconsolidazione naturale. Il valore del numero di colpi risulta maggiore di 50, con frequente rifiuto alla penetrazione. Il grado di addensamento naturale determina elevati valori di resistenza al taglio.

L'ultima unità (**roccia granitica molto fratturata ed alterata**) è caratterizzata dai prodotti di degradazione chimico-fisico del substrato granitico. A vantaggio di sicurezza tale unità è stata considerata come sabbia grossolana a consistenza addensata.

La risultanza delle indagini geosismiche MASW, che analizzano la dispersione della velocità delle onde di Rayleigh, ha fornito il valore del $V_{s,30}$, necessario per classificare la categoria di sottosuolo [par.3.2.2, NTC 2008] :

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = 285 \text{ m/s}$$

Il suolo in esame è, quindi, stato assimilato alla categoria "C" (depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5. Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geomeccanica dei litotipi individuati nell'area di intervento è stata effettuata in base alle risultanze delle DPSH . Si riassumono i parametri geotecnici utilizzati nelle analisi:

Argilla limosa a consistenza dura (Condizioni Drenate)

- $\gamma = 19.2 \text{ KN/m}^3$ peso di volume
- $c' = 21.57 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\phi' = 22.45^\circ$ angolo di attrito
- $E = 8404 \text{ kPa}$ modulo di Young
- $E_d = 3855$ modulo edometrico
- $G = 48021 \text{ kPa}$ modulo di taglio
- $\nu = 0.34$ coefficiente di Poisson

Argilla limosa a consistenza dura (Condizioni Non Drenate)

- $\gamma = 19.2 \text{ KN/m}^3$ peso di volume
- $c_u = 33.35 \text{ kPa}$ coesione non drenata
- $\phi' = 0^\circ$ angolo di attrito
- $E = 8404 \text{ kPa}$ modulo di Young
- $E_d = 3855$ modulo edometrico
- $G = 48021 \text{ kPa}$ modulo di taglio
- $\nu = 0.34$ coefficiente di Poisson

Sabbia limosa con piccoli ciottoli mediamente addensata

- $\gamma = 21.10 \text{ KN/m}^3$ peso di volume
- $\gamma_s = 25.00 \text{ KN/m}^3$ peso di volume saturo
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\phi' = 27.84^\circ$ angolo di attrito
- $E = 31809 \text{ kPa}$ modulo di Young
- $E_d = 15723$ modulo edometrico
- $G = 143339 \text{ kPa}$ modulo di taglio
- $\nu = 0.30$ coefficiente di Poisson

Sabbia limosa con piccoli ciottoli a consistenza molto addensata

- $\gamma = 21.10 \text{ KN/m}^3$ peso di volume
- $\gamma_s = 25.00 \text{ KN/m}^3$ peso di volume saturo
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\phi' = 38^\circ$ angolo di attrito
- $E = 50000 \text{ kPa}$ modulo di Young

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- $\nu=0.235$ coefficiente di Poisson

Roccia granitica

- $\gamma = 22.00 \text{ KN/m}^3$ peso di volume
- $\gamma_s = 25.00 \text{ KN/m}^3$ peso di volume saturo
- $c' = 100 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\phi' = 35^\circ$ angolo di attrito
- $E = 680000 \text{ kPa}$ modulo di Young
- $\nu=0.30$ coefficiente di Poisson

Materiale inerte (che costituirà il corpo del deposito)

- $\gamma = 19.00 \text{ KN/m}^3$ peso di volume
- $\gamma_s = 20.00 \text{ KN/m}^3$ peso di volume saturo
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $\phi' = 35^\circ$ angolo di attrito
- $E = 50000 \text{ kPa}$ modulo di Young
- $\nu=0.30$ coefficiente di Poisson

5.1 Stato iniziale materiali

Le condizioni tensionali presenti in situ prima dello scavo sono state considerate di tipo gravitazionale. Le tensioni verticali iniziali in un dato punto del modello del terreno variano, quindi, linearmente con la profondità. Le componenti orizzontali sono ricavate a partire da quelle verticali, attraverso il coefficiente di spinta a riposo k' .

In particolare, in termini di tensioni efficaci e totali esse risultano:

$$\sigma'_H = k' \sigma'_V$$

$$\sigma_H = k' (\sigma'_V - u) + u$$

- σ'_H tensione orizzontale efficace;
- σ'_V tensione verticale efficace;
- k' coefficiente di spinta a riposo pari al rapporto tra la tensione orizzontale e verticale;
- σ_H tensione orizzontale totale;
- σ_V tensione verticale totale;
- u pressione interstiziale;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Nel caso esaminato è stato assunto un valore di k' pari a 1.

5.2 Stima delle caratteristiche meccaniche

Dalle prove effettuate, attraverso correlazioni geotecniche, sono stati ricavati i parametri meccanici e di deformabilità dei terreni presenti nell'area del deposito. Le correlazioni utilizzate sono riportate in tabella:

PARAMETRI	CORRELAZIONI	
	Terreni Coesivi	Terreni Incoerenti
Angolo d'attrito (Φ)	Meyerhof (1956)	Owaski Iwasaki
Coesione non drenata (c_u)	U.S.D.M.S.M (*)	/
Coesione efficace (c)	U.S.D.M.S.M (*)	/
Peso unità volume	Meyerhof et al.	Meyerhof et al.
Peso unità volume saturo	Meyerhof et al.	Terzaghi-Peck 1948-1964
Modulo di Poisson	AGI	AGI
Modulo a taglio dinamico	Owaski Iwasaki	Owaski Iwasaki
Modulo di Young	Apollonia	Terzaghi
Modulo Edometrico	Stroud e Butler (1975)	Menzenbach & Malcev

(*) U.S.D.M.S.M. U.S. Design Manual Soil Mechanics

Tabella 5.1

5.3 Problematiche geotecniche

Dalle analisi di stabilità effettuate è stata evidenziata la necessità di rimuovere lo strato superficiale di argilla limosa, a causa delle sue scarse proprietà meccaniche. Lo strato da rimuovere ha uno spessore variabile da un valore minimo di 1.70 m ad uno massimo di circa 6.00 m.

6. Pericolosità sismica

Per quanto riguarda l'inquadramento sismotettonico e la sismicità, si rimanda allo studio geologico successivamente riportato.

Dalla consultazione del "Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, 461 a.C.-1990" [Boschi et al., 1997], l'area di interesse si inserisce all'interno di un territorio caratterizzato da un'elevata sismicità.

I parametri sismici sono funzione di diversi fattori, quali:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- coordinate geografiche del sito in esame (latitudine e longitudine)
- vita nominale
- classe dell'opera
- periodo di riferimento
- coefficiente d'uso
- categoria topografica
- categoria di sottosuolo

La vita nominale, funzione del tipo d'opera che verrà realizzata [tabella 2.4I NTC 2008], è stata assunta pari a 50 anni, la classe dell'opera pari a 2, ed il coefficiente d'uso pari a 1. Conseguentemente il periodo di riferimento dell'azione sismica è pari a 50 anni [par. 2.4.3 NTC 2008].

La categoria topografica, funzione della geometria del versante, corrisponde alla categoria T3 [tab. 3.2.IV, NTC 2008], e quella di sottosuolo dedotta dalle indagini sismiche a rifrazione è pari a C.

Le componenti dell'azione sismica sono state valutate a partire dei coefficienti K_0 e K_v , funzione dei seguenti parametri:

$$K_0 = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \qquad K_v = \pm 0.5 \cdot K_0$$

dove:

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità;

a_{mac} accelerazione massima attesa sul sito;

Quest'ultimo valore dipende dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio, in particolare:

$$a_{mac} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

S_s coefficiente di amplificazione stratigrafica, funzione di F_0 (fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E);

S_T coefficiente di amplificazione topografica;

a_g accelerazione orizzontale massima;

Sono stati, così, dedotti i parametri sismici relativi ai diversi stati limite. Si ricorda che nelle analisi di stabilità svolte si è fatto riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sito in esame:

latitudine: 38,3058
longitudine: 15,8830
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 44326	Lat: 38,3096	Lon: 15,8430	Distanza: 3517,838
Sito 2 ID: 44327	Lat: 38,3082	Lon: 15,9065	Distanza: 2066,581
Sito 3 ID: 44549	Lat: 38,2582	Lon: 15,9048	Distanza: 5630,426
Sito 4 ID: 44548	Lat: 38,2596	Lon: 15,8412	Distanza: 6306,286

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T3
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81%
Tr: 30 [anni]
ag: 0,068 g
Fo: 2,299
Tc*: 0,277 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63%
Tr: 50 [anni]
ag: 0,092 g
Fo: 2,277
Tc* 0,293[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10%
Tr: 475[anni]
ag: 0,272 g
Fo: 2,423
Tc*: 0,365 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975[anni]
ag: 0,365 g
Fo: 2,470
Tc* 0,391[s]

Coefficienti Sismici
SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,200
Kh: 0,025
Kv: 0,012
Amax: 1,209
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,570
St: 1,200
Kh: 0,033
Kv: 0,017
Amax: 1,624
Beta: 0,200

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

SLV:

Ss: 1,310

Cc: 1,460

St: 1,200

Kh: 0,120

Kv: 0,060

Amax: 4,186

Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,160

Cc: 1,430

St: 1,200

Kh: 0,142

Kv: 0,071

Amax: 4,976

Beta: 0,280

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

7. Fasi costruttive

Il riempimento del deposito sarà effettuato in progressive stratificazioni, di spessore pari a circa 5.00 m. Nel modello di calcolo impiegato, è stato ricostruito l'intero processo di realizzazione del deposito, partendo dalla configurazione di terreno vergine, corrispondente alle condizioni tensionali iniziali, antecedenti il progressivo accumulo di materiale, fino alle condizioni finali, in presenza di sisma, o di un evento piovoso.

In particolare, gli stages di calcolo previsti sono:

SEZIONE D-D

- STAGE 1: Condizioni iniziali
- STAGE 2: Rimozione dello strato superficiale di argilla limosa
- STAGE 3: Bonifica dello strato rimosso
- STAGE 4-21: Sovrapposizione degli strati di riempimento del deposito
- STAGE 22: Azione del sisma o presenza della falda in condizioni di completa saturazione

8. Modello di calcolo

La risoluzione di un problema di stabilità di un versante richiede la conoscenza delle equazioni di governo, rappresentate dalle equazioni di equilibrio e costitutive che descrivono il comportamento meccanico del terreno. Queste equazioni risultano particolarmente complesse, considerato che il terreno è un sistema multifase, riconducibile ad un sistema monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Inoltre, è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, considerata la non-linearità del terreno anche in corrispondenza di piccole deformazioni, la sua anisotropia e la dipendenza del suo comportamento sia dallo sforzo normale che da quello deviatorico.

A causa di tali difficoltà è necessario introdurre delle ipotesi semplificative, ed in particolare:

- Il comportamento costitutivo del terreno viene assunto rigido perfettamente plastico. La resistenza del materiale viene espressa unicamente dalla coesione e dall'angolo di resistenza al taglio, assunti costanti e caratteristici dello stato plastico; si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

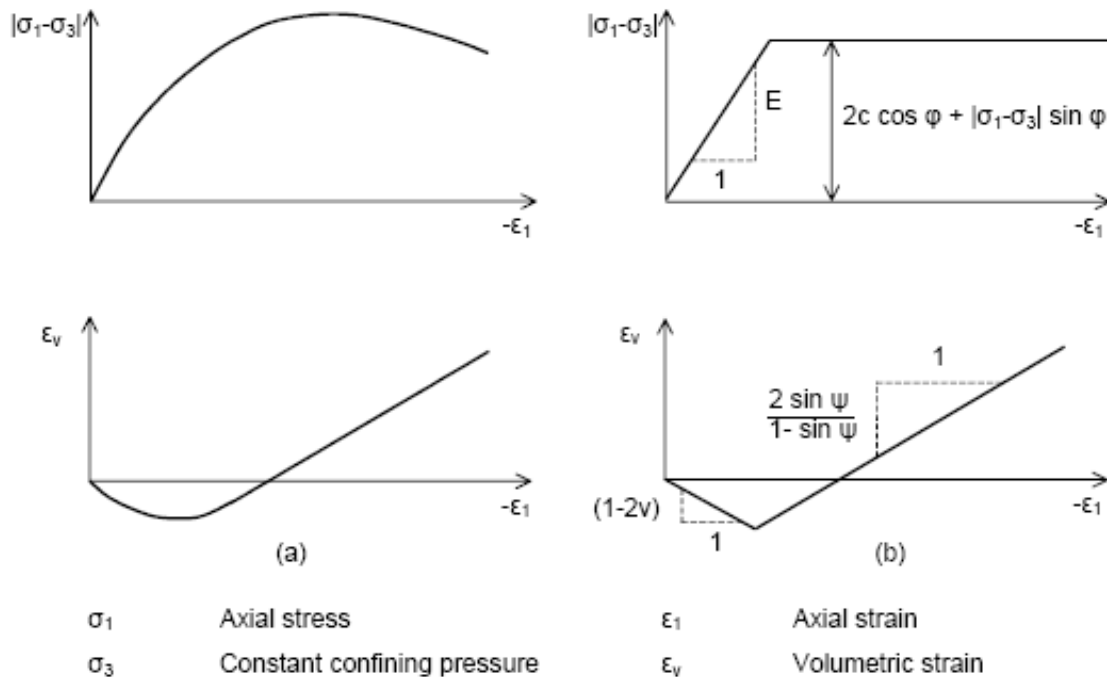


Figura 8.1

Il software impiegato per l'analisi di stabilità è un solutore agli elementi finiti a comportamento elasto-plastico, finalizzato alla valutazione dello stato tensionale effettivo e totale del terreno, e del campo di deformazione. Le analisi sono effettuate nell'ipotesi di deformazione piana, discretizzando il terreno attraverso una mesh uniforme, con elementi finiti a tre nodi [PHASE2, Rocscience 2003]. Il comportamento degli elementi finiti segue il criterio elasto-perfettamente plastico di Mohr Coulomb, per il quale è richiesta la definizione di cinque parametri fondamentali (modulo di Young E, coefficiente di Poisson ν , coesione c, angolo di attrito ϕ , e dilatanza ψ).

Il metodo adottato dal software per l'analisi di stabilità è il metodo "Shear Strength Reduction, **SSR**" [Hammath et al 2006, Dawson et al 1999, Griffith & Lane 1999, Matsui & San, 1992].

Il coefficiente di sicurezza viene ottenuto riducendo progressivamente la resistenza a taglio dei materiali fino al raggiungimento della condizione di collasso, che coincide con quella di instabilità del modello. La convergenza della soluzione FEM è, quindi, utilizzata come indicatore della condizione di crisi del pendio, per la quale la distribuzione tensionale e deformativa non è determinabile. Il fattore critico di riduzione della resistenza (**Strength Reduction Factor, SRF**) è equivalente al fattore di sicurezza.

Con l'obiettivo di verificare le condizioni di sicurezza del pendio nell'evoluzione degli stages costruttivi, l'analisi SSR è stata effettuata in diverse fasi, relative a stages di carico intermedi, oltre

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

che nelle condizioni attuali del pendio (“**Fase iniziale**”) e in quelle finali di completamento del deposito (“**Fase finale**”). Si descrivono le fasi intermedie di analisi:

SEZIONE D-D

“**Fase A**” - L’analisi SSR è effettuata dallo STAGE 1 fino allo STAGE 10. Tali stages rappresentano rispettivamente:

- STAGE 1: Condizioni iniziali
- STAGE 2: Rimozione dello strato superficiale di argilla limosa
- STAGE 3: Bonifica del precedente strato
- STAGE 4-10: Sovrapposizione degli strati di riempimento del deposito

“**Fase B**”: L’analisi SSR è effettuata a partire dallo STAGE 1 fino allo STAGE 15. Gli stages successivi allo stage 10 (stage finale della fase A) rappresentano:

- STAGE 11-15: Sovrapposizione degli strati di riempimento del deposito

Sia nella “Fase 0” che nella “Fase finale” l’analisi SSR è stata effettuata in condizioni statiche, sismiche e/o in presenza di falda.

9. Risultati di calcolo

9.1 Analisi preliminare

Lo studio del campo di deformazione che si genera al piede del deposito ha evidenziato la necessità di rimuovere lo strato argilloso. Infatti, a causa della bassa permeabilità che caratterizza questo strato, in occasione di fenomeni meteorici, possono verificarsi consistenti incrementi del regime delle pressioni neutre. Questa condizione rappresenta un elevato fattore di rischio per la stabilità.

La rimozione dello strato di argilla determina una riduzione del campo di spostamenti, prossimo al piede del deposito, di circa il 50%. Nelle analisi effettuate la falda è stata considerata in regime stazionario. Si rimanda alla fase esecutiva una trattazione più specifica dei moti di filtrazione.

L'analisi di deformazione è stata effettuata sia in termini di spostamenti assoluti che incrementali, nell'area prossima al piede del pendio (indicata in fig.9.1). Si riportano nei grafici seguenti i risultati ottenuti:

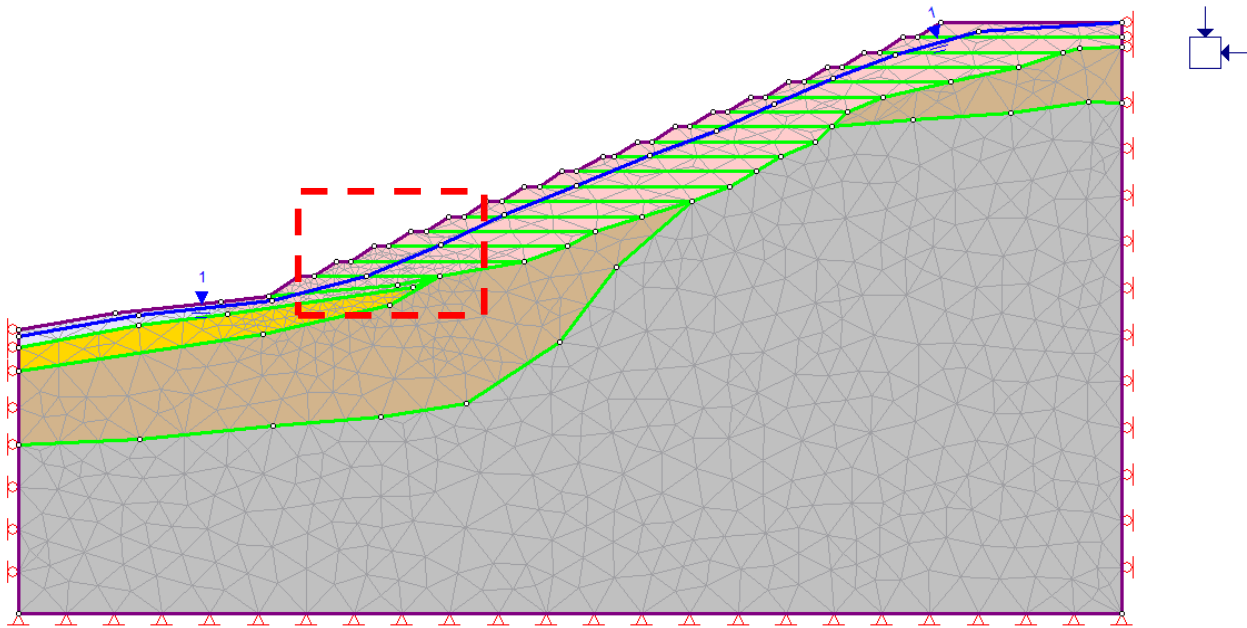


Figura 9.1: Fase finale deposito

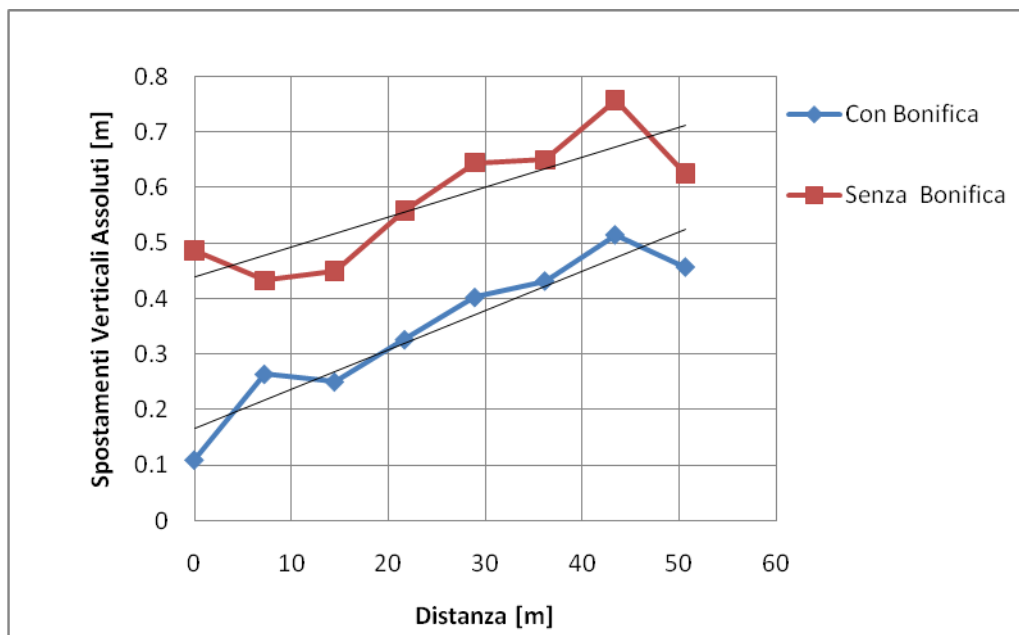


Figura 9.2 : Spostamenti assoluti

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

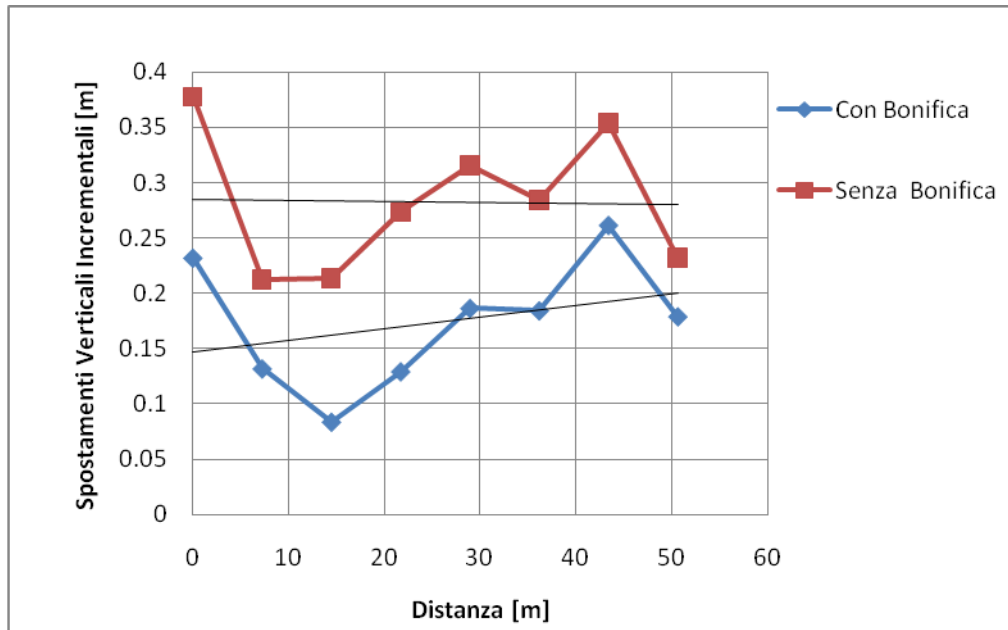


Figura 9.3 : Spostamenti incrementali

9.2 Analisi di stabilità SSR

L'analisi SSR è stata condotta seguendo l'Approccio 1, che prevede la combinazione 2 (A2+M2+R2), in accordo al codice normativo vigente [NTC 2008, par.6.8.2].

Secondo tale combinazione i parametri di resistenza del terreno sono decurtati del 25%, mentre gli eventuali carichi agenti sono considerati con il loro valore caratteristico.

L'azione sismica è stata considerata con il valore di progetto nella direzione orizzontale, e ridotta del 30% nella direzione verticale.

Le analisi hanno evidenziato coefficienti di sicurezza superiori al coefficiente limite ($F_s=1.10$), ammesso dalle NTC 2008. Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

Le configurazioni del pendio nelle fasi di analisi SSR, precedentemente descritte, sono le seguenti:

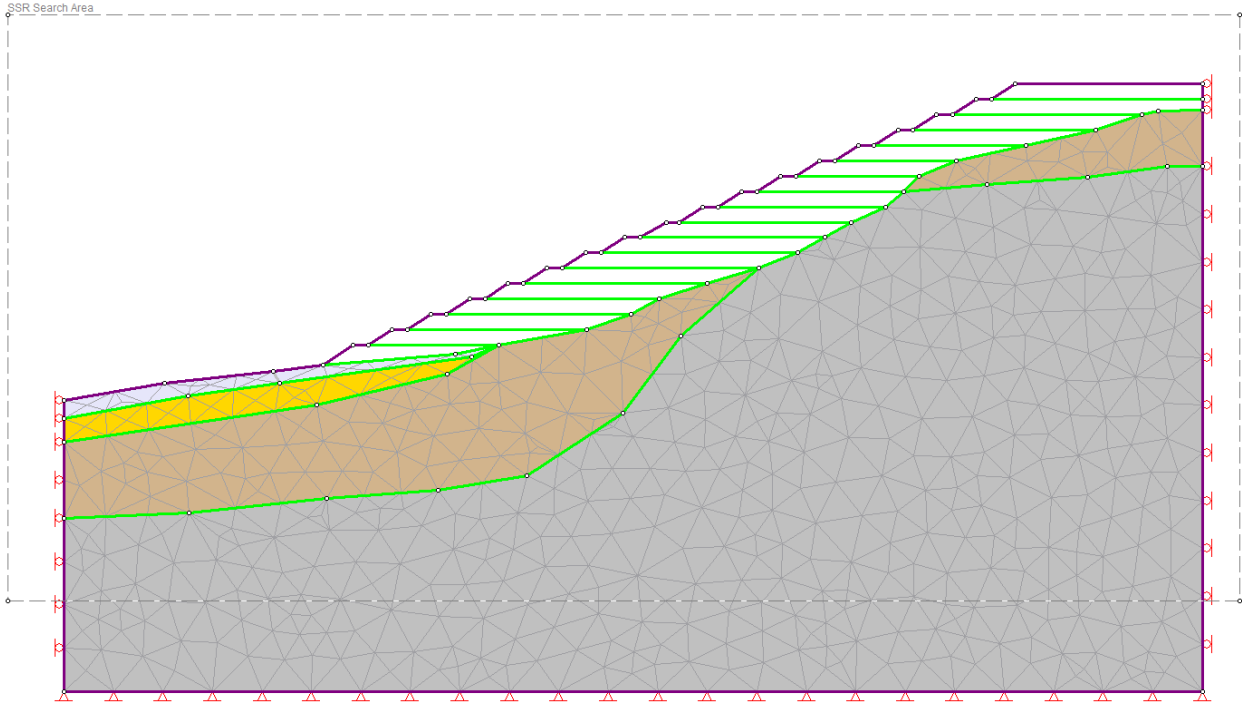


Figura 9.4: Fase iniziale

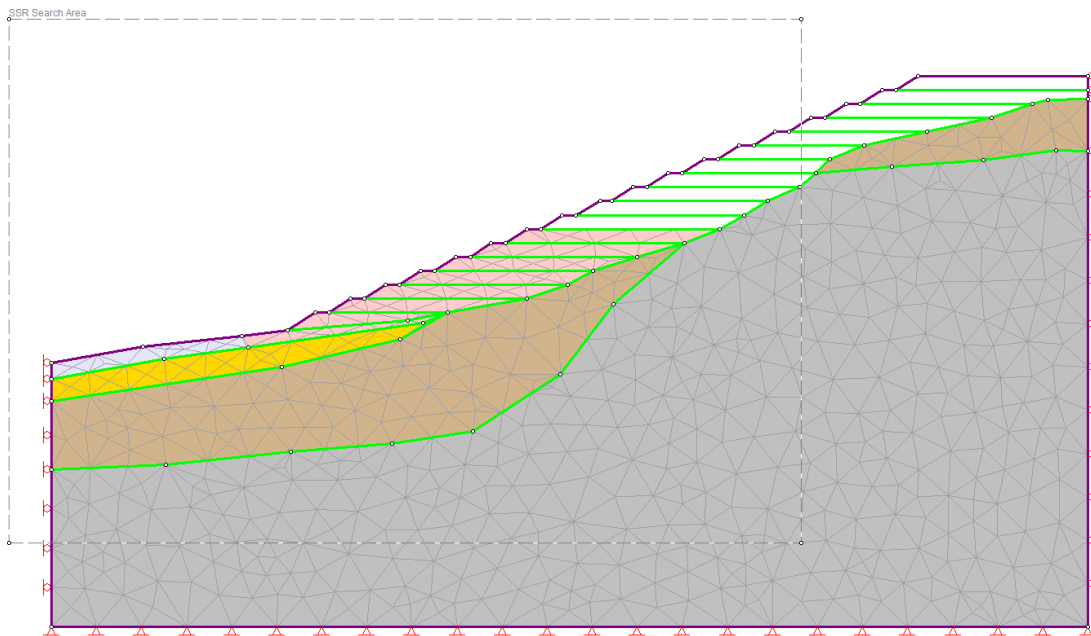


Figura 9.5 : Fase A

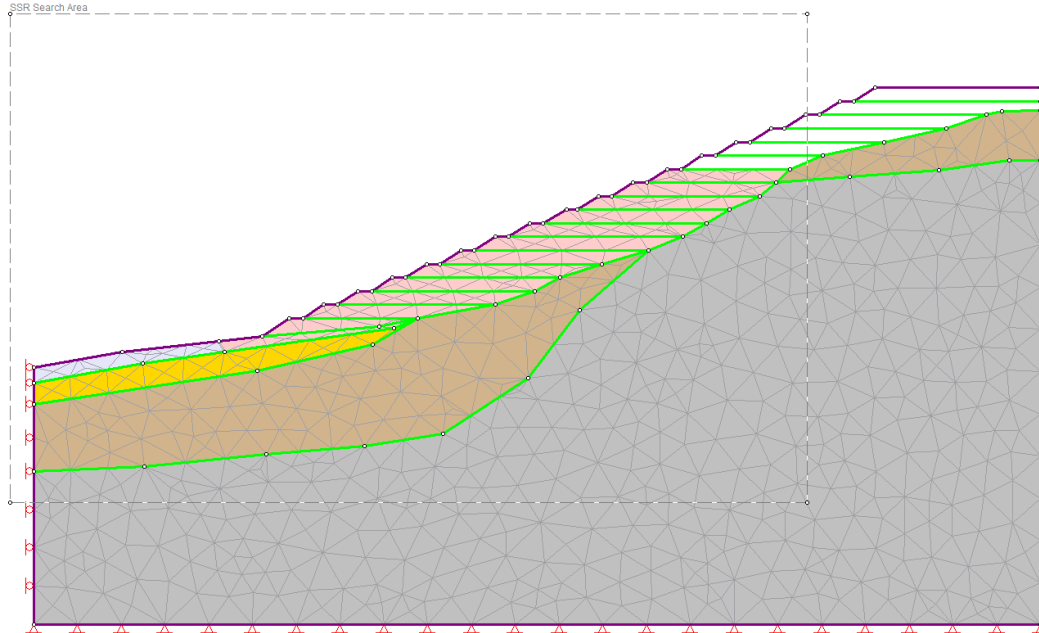


Figura 9.6 : Fase B

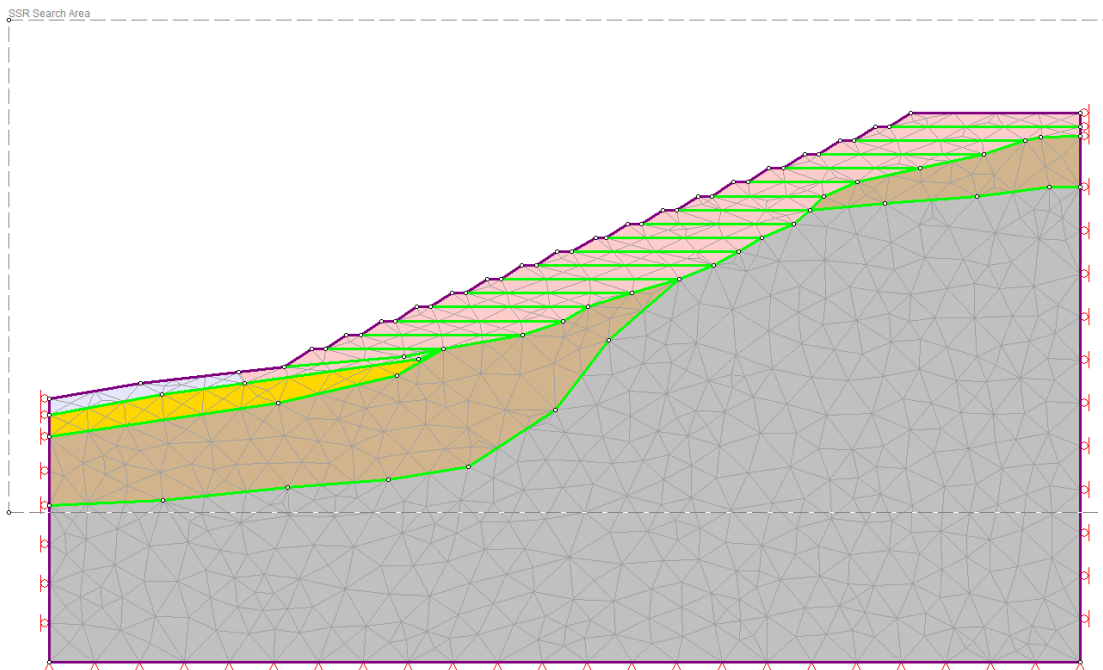


Figura 9.7 : Fase finale

Nella tabella seguente sono riassunti i valori del coefficiente di sicurezza del pendio, nelle suddette fasi di analisi:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fasi Costruttive		SRF
Fase 0	Statica	2.37
	Sismica	1.57
	Falda	1.70
Fase A		1.71
Fase B		1.62
Fase Finale	Statica	1.54
	Sisma	1.12
	Falda	1.15

Tabella 9.1

Sia nella fase iniziale che in quella di completamento del deposito, la situazione più critica è rappresentata dalla presenza dell'evento sismico ($SFR_{min, fase 0} = 1.57$; $SFR_{min, fase finale} = 1.12$). Di seguito si riporta la mappatura degli spostamenti totali, dalla quale è possibile dedurre i cinematismi di collasso, e le superfici di scivolamento critiche.

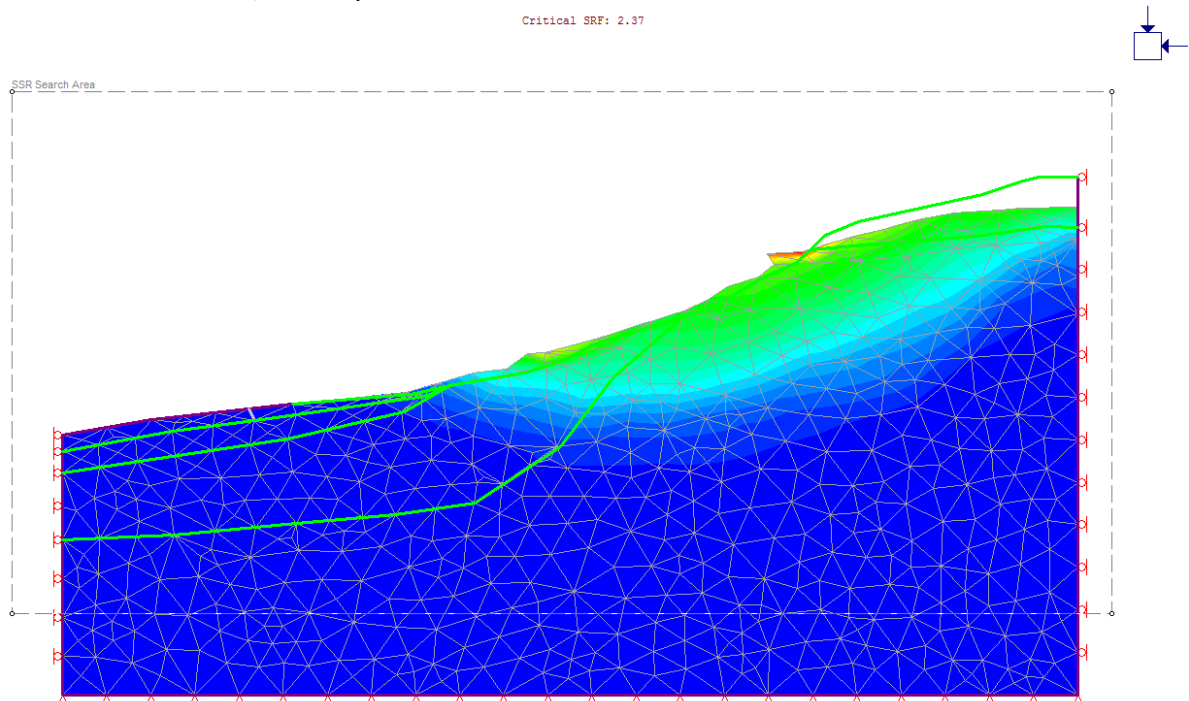


Figura 9.8 : Meccanismo di scivolamento - Spostamenti totali - Fase iniziale- Statica- SRF=2.37

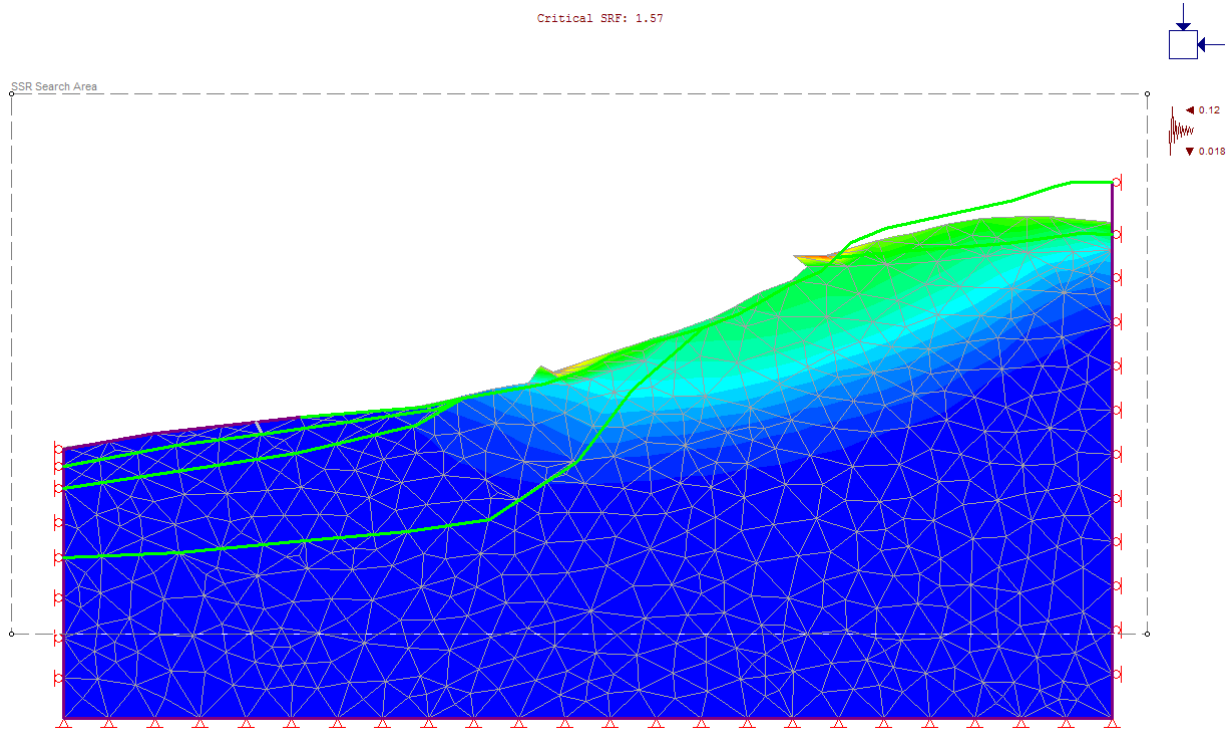


Figura 9.9 : Meccanismo di scivolamento - Spostamenti totali - Fase iniziale – Sismica-SFR=1.57

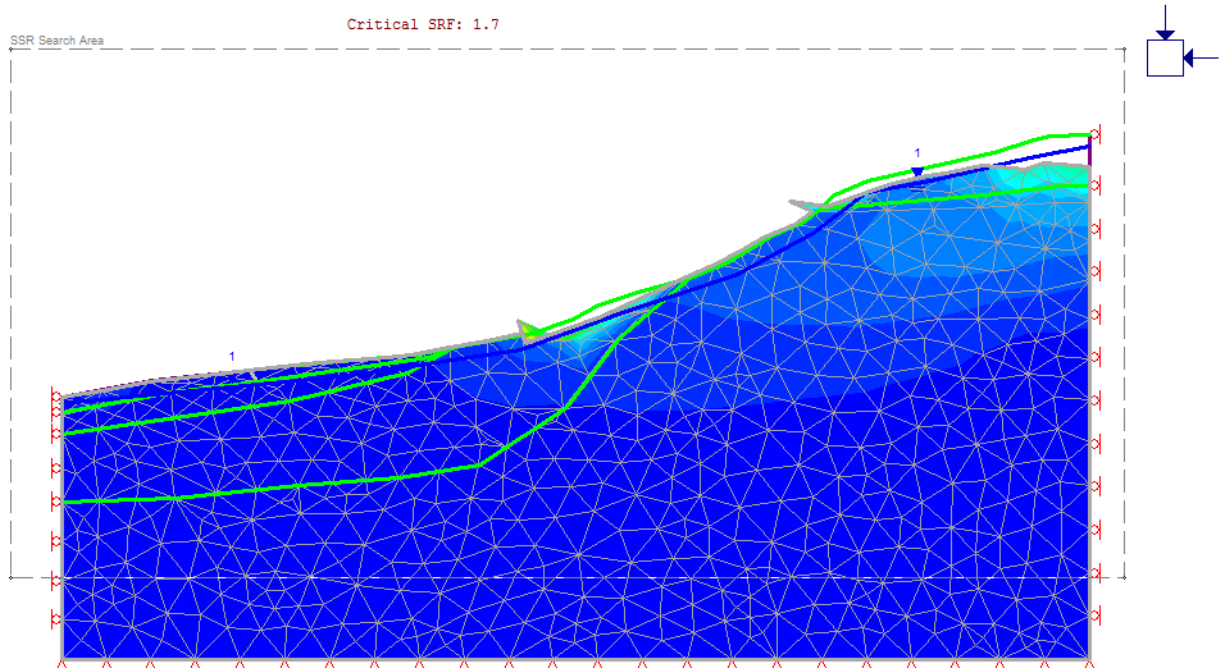


Figura 9.10 : Meccanismo di scivolamento - Spostamenti totali - Fase iniziale – Falda-SFR=1.70

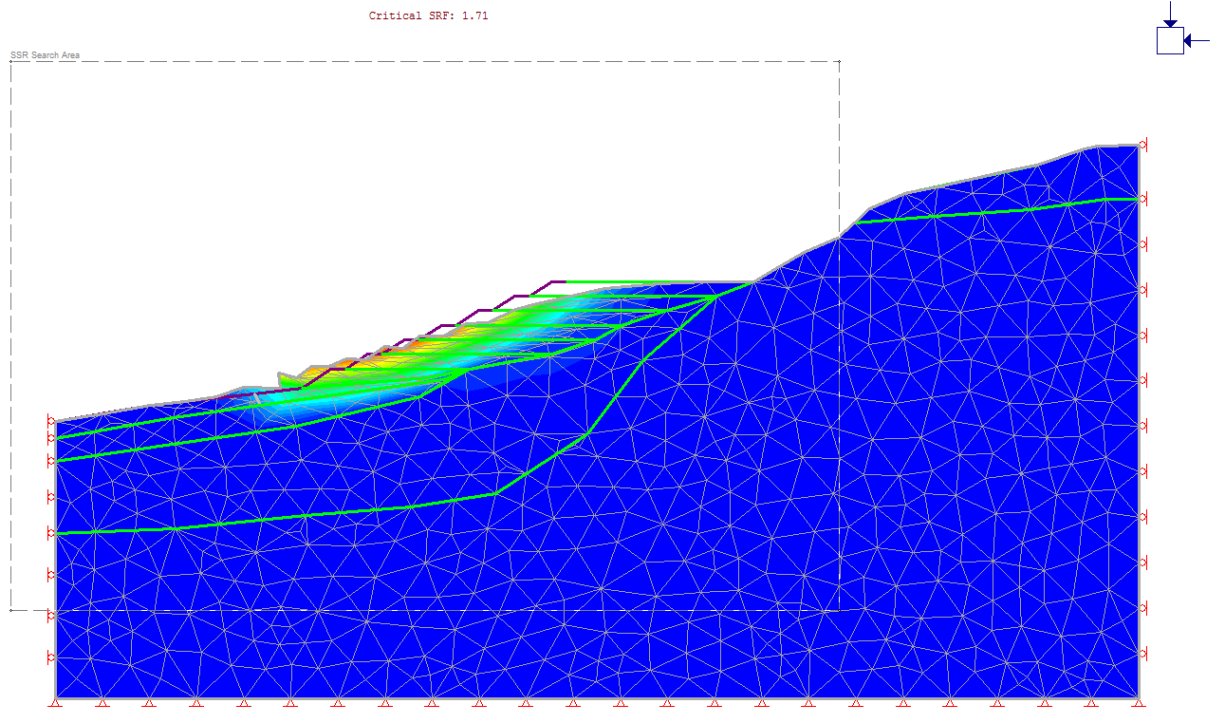


Figura 9.11 : Meccanismo di scivolamento - Spostamenti total - Fase A- SFR=1.71

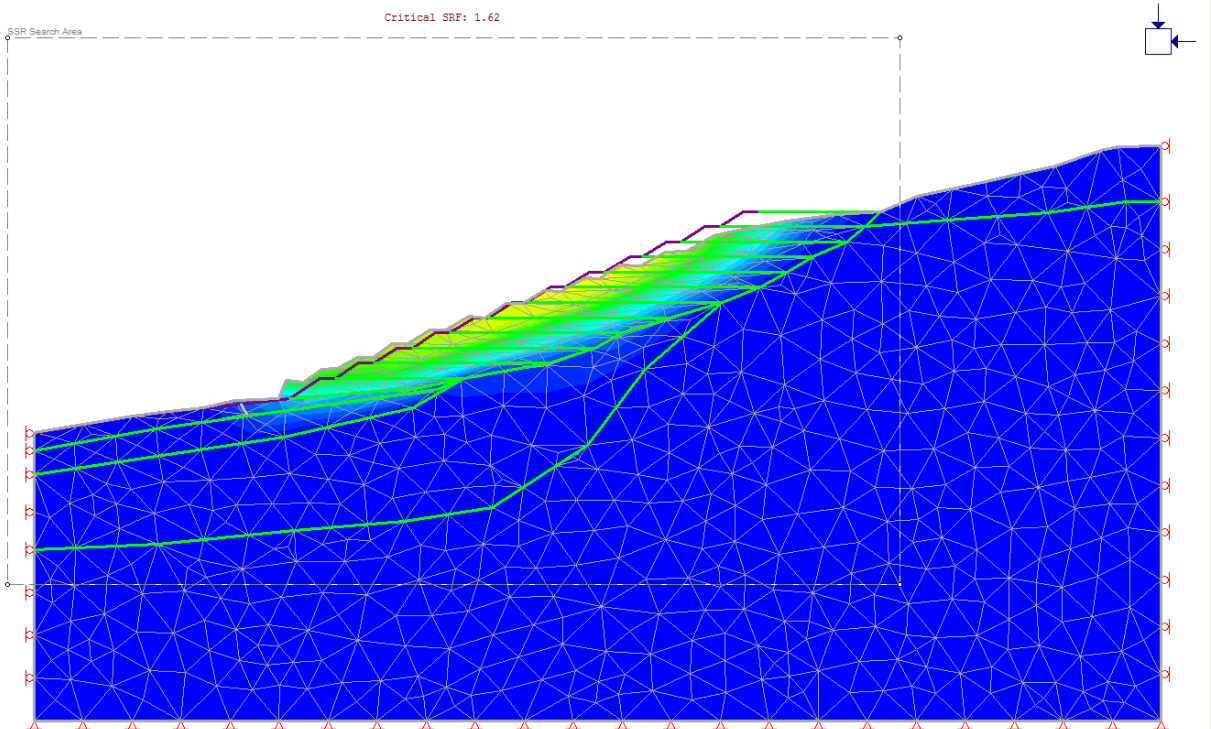


Figura 9.12 : Meccanismo di scivolamento - Spostamenti totali - Fase B- SFR=1.62

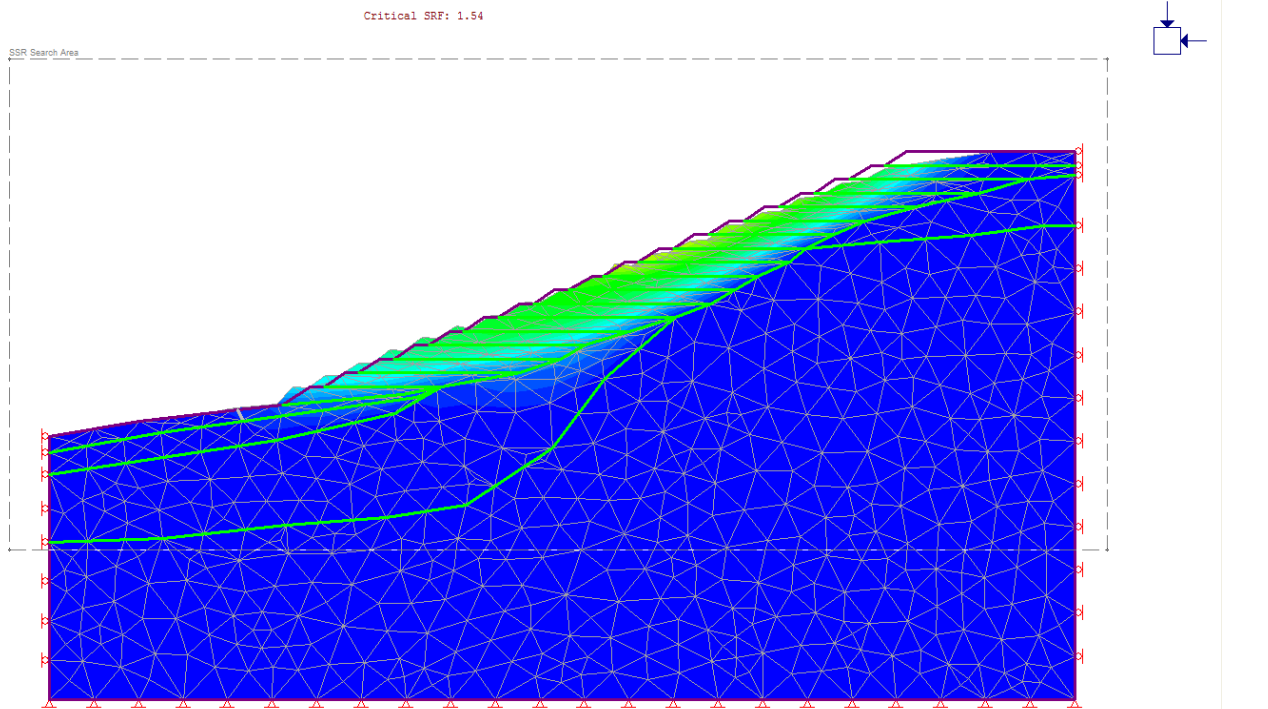


Figura 9.13: Meccanismo di scivolamento - Spostamenti totali - Fase finale - Statica -SFR=1.54

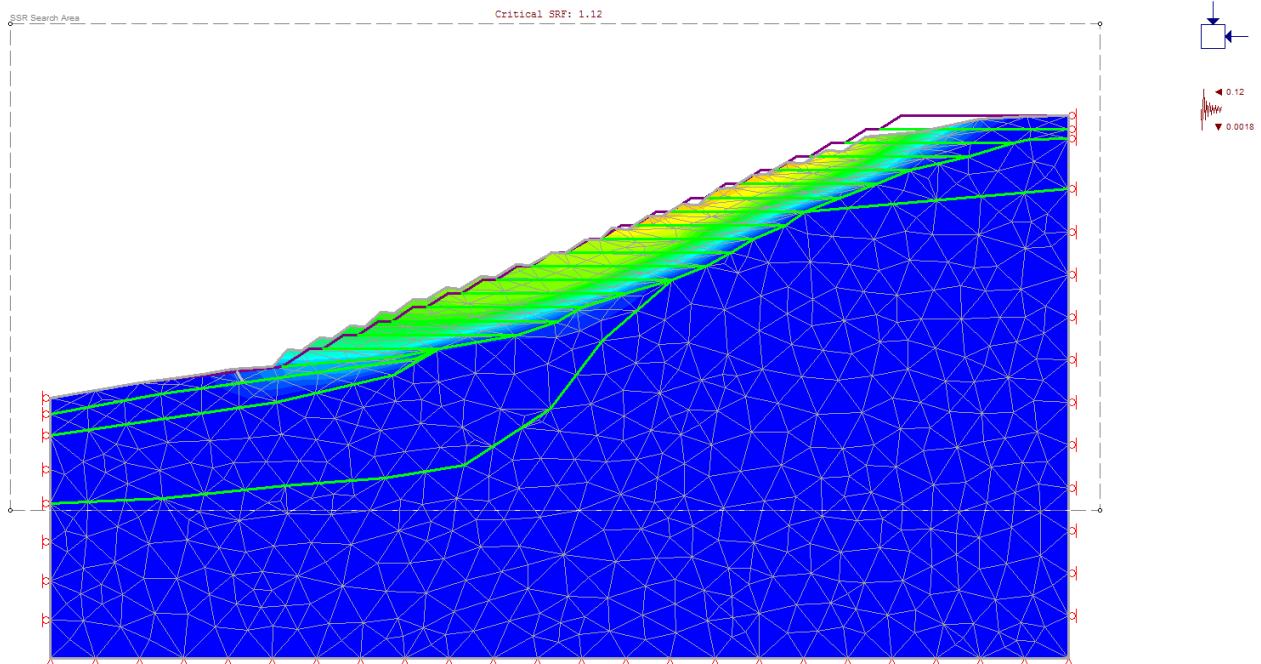


Figura 9.14 : Meccanismo di scivolamento - Spostamenti totali - Fase finale - Sisma-SFR=1.12

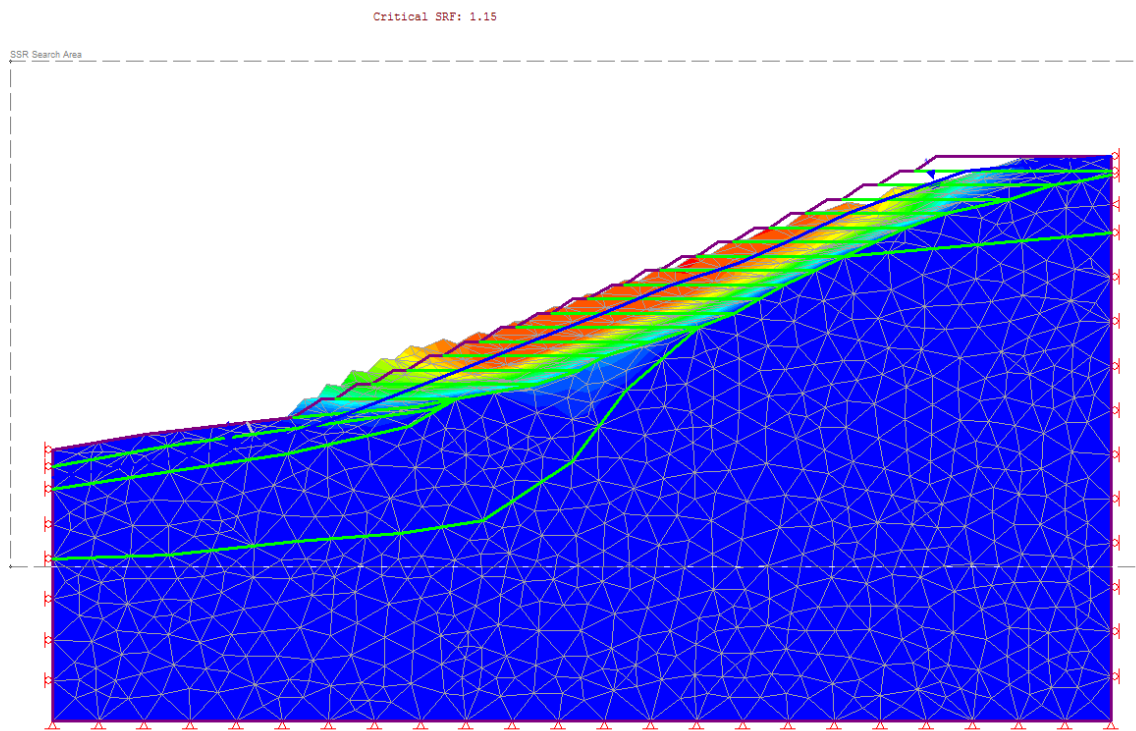


Figura 9.15 : Meccanismo di scivolamento- Spostamenti totali - Fase finale – Falda- SFR=1.15

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

10. Tabulati di calcolo

10.1 Tabulato di input

Phase2 Analysis Information

Document Name

Condizioni Finali_Sisma.fez

Project Settings

General

Project Title: Project2

Number of Stages: 22

Analysis Type: Plane Strain

Solver Type: Gaussian Elimination

Units: Metric, stress as kPa

Stress Analysis

Maximum Number of Iterations: 1000

Tolerance: 0.001

Number of Load Steps: Automatic

Convergence Type: Absolute Energy

Tensile Failure: Reduces Shear Strength

Groundwater

Method: Piezometric Lines

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Strength Reduction

Initial Estimate of SRF: 1

Step Size: Automatic

Tolerance (SRF): 0.01

Limit SSR Search Area: Yes

minx: 44.297

maxx: 442.053

miny: 80.3991

maxy: 257.867

Accelerate SSR Analysis: Yes

Convergence Parameters: Automatic

Field Stress

Field stress: gravity

Using actual ground surface

Effective stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 1

Effective stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 1

Locked-in horizontal stress (in-plane): 0

Locked-in horizontal stress (out-of-plane): 0

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Seismic Loading

Horizontal seismic load coefficient: -0.12 (positive to the right)

Vertical seismic load coefficient: -0.0018 (positive up)

Seismic load applied in: Stage 22

Mesh

Mesh type: uniform

Element type: 3 noded triangles

Number of elements on Stage 1: 990

Number of nodes on Stage 1: 532

Number of elements on Stage 2: 979

Number of nodes on Stage 2: 527

Number of elements on Stage 3: 990

Number of nodes on Stage 3: 532

Number of elements on Stage 4: 999

Number of nodes on Stage 4: 537

Number of elements on Stage 5: 1012

Number of nodes on Stage 5: 544

Number of elements on Stage 6: 1027

Number of nodes on Stage 6: 552

Number of elements on Stage 7: 1044

Number of nodes on Stage 7: 561

Number of elements on Stage 8: 1061

Number of nodes on Stage 8: 570

Number of elements on Stage 9: 1072

Number of nodes on Stage 9: 576

Number of elements on Stage 10: 1083

Number of nodes on Stage 10: 582

Number of elements on Stage 11: 1102

Number of nodes on Stage 11: 592

Number of elements on Stage 12: 1113

Number of nodes on Stage 12: 598

Number of elements on Stage 13: 1126

Number of nodes on Stage 13: 605

Number of elements on Stage 14: 1138

Number of nodes on Stage 14: 611

Number of elements on Stage 15: 1153

Number of nodes on Stage 15: 619

Number of elements on Stage 16: 1166

Number of nodes on Stage 16: 626

Number of elements on Stage 17: 1179

Number of nodes on Stage 17: 633

Number of elements on Stage 18: 1192

Number of nodes on Stage 18: 640

Number of elements on Stage 19: 1207

Number of nodes on Stage 19: 648

Number of elements on Stage 20: 1225

Number of nodes on Stage 20: 658

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Number of elements on Stage 21: 1244
Number of nodes on Stage 21: 668
Number of elements on Stage 22: 1244
Number of nodes on Stage 22: 668

Reset Displacements

Displacements reset after: Stage 1

Material Properties

Material: Argilla limosa a consistenza dura

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 19.2 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 8404 kPa
Poisson's ratio: 0.34
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 18.3 degrees
Peak cohesion: 17.25 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 18.3 degrees
Residual Cohesion: 17.25 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0

Material: Sabbia limosa a consistenza addensata

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 21.1 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 31809 kPa
Poisson's ratio: 0.3
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 23 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 23 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0

Material: Sabbia Limosa mediamente addensata

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 21 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 50000 kPa
Poisson's ratio: 0.235

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 32 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 2 degrees
Residual Friction Angle: 32 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0

Material: Roccia granitica

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 22 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 680000 kPa
Poisson's ratio: 0.3
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 29.25 degrees
Peak cohesion: 80 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 29.25 degrees
Residual Cohesion: 80 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0

Material: Deposito

Initial element loading: body force only
Unit weight: 19 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 50000 kPa
Poisson's ratio: 0.3
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 29.25 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 29.25 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Stage 1: Piezo to use: None
Hu Type: Custom
Hu value: 1

Shear Strength Reduction - Material Properties

Strength Reduction Factor: 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Maximum Total Displacement: 0.453559 m

Converged: yes

Material: Argilla limosa a consistenza dura

Peak friction angle: 18.3 degrees

Peak cohesion: 17.25 kPa

Residual Friction Angle: 18.3 degrees

Residual Cohesion: 17.25 kPa

Material: Sabbia limosa a consistenza addensata

Peak friction angle: 23 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 23 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Sabbia Limosa mediamente addensata

Peak friction angle: 32 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 32 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Roccia granitica

Peak friction angle: 29.25 degrees

Peak cohesion: 80 kPa

Residual Friction Angle: 29.25 degrees

Residual Cohesion: 80 kPa

Material: Deposito

Peak friction angle: 29.25 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 29.25 degrees

Residual Cohesion: 0kPa

Areas of Excavated and Filled Elements

Stage 2

Material: Argilla limosa a consistenza dura, Area Excavated: 202.038 m2

Stage 3

Material: Deposito, Area Filled: 202.038 m2

Stage 4

Material: Deposito, Area Filled: 195.374 m2

Stage 5

Material: Deposito, Area Filled: 264.731 m2

Stage 6

Material: Deposito, Area Filled: 309.453 m2

Stage 7

Material: Deposito, Area Filled: 305.418 m2

Stage 8

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Material: Deposito, Area Filled: 304.149 m2

Stage 9

Material: Deposito, Area Filled: 322.568 m2

Stage 10

Material: Deposito, Area Filled: 333.339 m2

Stage 11

Material: Deposito, Area Filled: 323.827 m2

Stage 12

Material: Deposito, Area Filled: 301.093 m2

Stage 13

Material: Deposito, Area Filled: 289.611 m2

Stage 14

Material: Deposito, Area Filled: 272.413 m2

Stage 15

Material: Deposito, Area Filled: 258.758 m2

Stage 16

Material: Deposito, Area Filled: 261.259 m2

Stage 17

Material: Deposito, Area Filled: 262.090 m2

Stage 18

Material: Deposito, Area Filled: 281.107 m2

Stage 19

Material: Deposito, Area Filled: 312.039 m2

Stage 20

Material: Deposito, Area Filled: 363.544 m2

Stage 21

Material: Deposito, Area Filled: 324.484 m2

Excavation Areas

Original Un-deformed Areas

External Boundary Area: 55182.962 m2

External Boundary Perimeter: 1064.281 m

Stage 1

External Boundary Area: 55182.962 m2 (0 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.281 m (0 m change from original perimeter)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Stage 2

External Boundary Area: 55183.538 m² (0.57595 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.281 m (-0.000562423 m change from original perimeter)

Stage 3

External Boundary Area: 55182.243 m² (-0.718695 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.304 m (0.0224737 m change from original perimeter)

Stage 4

External Boundary Area: 55180.916 m² (-2.04592 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.321 m (0.0399149 m change from original perimeter)

Stage 5

External Boundary Area: 55179.602 m² (-3.35981 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.337 m (0.0554611 m change from original perimeter)

Stage 6

External Boundary Area: 55178.277 m² (-4.68459 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.350 m (0.0693006 m change from original perimeter)

Stage 7

External Boundary Area: 55176.939 m² (-6.0233 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.364 m (0.0830608 m change from original perimeter)

Stage 8

External Boundary Area: 55175.628 m² (-7.334 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.377 m (0.0955046 m change from original perimeter)

Stage 9

External Boundary Area: 55174.407 m² (-8.55445 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.389 m (0.107869 m change from original perimeter)

Stage 10

External Boundary Area: 55173.250 m² (-9.71154 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.401 m (0.120167 m change from original perimeter)

Stage 11

External Boundary Area: 55172.103 m² (-10.8593 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.411 m (0.130091 m change from original perimeter)

Stage 12

External Boundary Area: 55171.077 m² (-11.8844 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.422 m (0.14058 m change from original perimeter)

Stage 13

External Boundary Area: 55170.131 m² (-12.8305 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 1064.430 m (0.14925 m change from original perimeter)

Stage 14

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

External Boundary Area: 55169.260 m2 (-13.7014 m2 change from original area)
External Boundary Perimeter: 1064.439 m (0.157793 m change from original perimeter)

Stage 15

External Boundary Area: 55168.460 m2 (-14.5016 m2 change from original area)
External Boundary Perimeter: 1064.448 m (0.166761 m change from original perimeter)

Stage 16

External Boundary Area: 55167.687 m2 (-15.2745 m2 change from original area)
External Boundary Perimeter: 1064.455 m (0.17435 m change from original perimeter)

Stage 17

External Boundary Area: 55166.999 m2 (-15.9626 m2 change from original area)
External Boundary Perimeter: 1064.462 m (0.180756 m change from original perimeter)

Stage 18

External Boundary Area: 55166.306 m2 (-16.6555 m2 change from original area)
External Boundary Perimeter: 1064.468 m (0.18731 m change from original perimeter)

Stage 19

External Boundary Area: 55165.543 m2 (-17.4189 m2 change from original area)
External Boundary Perimeter: 1064.475 m (0.194235 m change from original perimeter)

Stage 20

External Boundary Area: 55164.672 m2 (-18.2902 m2 change from original area)
External Boundary Perimeter: 1064.484 m (0.202834 m change from original perimeter)

Stage 21

External Boundary Area: 55160.812 m2 (-22.1498 m2 change from original area)
External Boundary Perimeter: 1064.412 m (0.131203 m change from original perimeter)

Stage 22

External Boundary Area: 55157.029 m2 (-25.9327 m2 change from original area)
External Boundary Perimeter: 1064.231 m (-0.0502004 m change from original perimeter)

List of All Coordinates

External boundary

430.474	26.261
430.474	197.498
430.474	215.962
430.474	219.357
430.474	224.357
369.432	224.357
361.722	219.357
356.589	219.357
348.896	214.357
343.770	214.357
336.094	209.357

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

331.136	209.357
323.304	204.357
318.204	204.357
310.543	199.357
305.446	199.357
297.795	194.357
292.704	194.357
285.062	189.357
279.974	189.357
272.348	184.357
267.266	184.357
259.641	179.357
255.646	179.357
246.946	174.357
241.872	174.357
234.264	169.357
229.196	169.357
221.590	164.357
216.524	164.357
208.927	159.357
203.863	159.357
196.266	154.357
191.210	154.357
183.621	149.357
178.563	149.357
170.979	144.357
165.922	144.357
158.340	139.357
153.289	139.357
143.352	132.797
127.134	130.833
91.731	126.990
58.867	121.261
58.867	115.487
58.867	107.577
58.867	82.947
58.867	26.261

Stage boundary

129.292	126.772
127.134	130.833

Material boundary

143.352	132.797
186.594	136.357
200.770	139.357
229.384	144.357
243.939	149.357
253.060	154.357
268.730	159.357

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

285.748	164.357
298.374	169.357
307.293	174.357
315.736	179.357
327.015	184.357
334.272	189.357
346.997	194.357
360.748	199.357
372.835	204.357
394.048	209.357
410.632	214.357
416.189	215.733
430.474	215.962

Material boundary

58.867	115.487
99.254	122.832
129.292	126.772
191.986	135.579
200.770	139.357

Material boundary

58.867	107.577
141.390	119.873
183.970	129.744
200.770	139.357

Material boundary

58.867	82.947
99.777	84.613
144.721	89.188
181.017	92.102
209.888	96.637
241.324	117.192
260.318	142.258
285.748	164.357

Material boundary

430.474	197.498
334.272	189.357

Material boundary

200.770	139.357
158.340	139.357

Material boundary

229.384	144.357
170.979	144.357

Material boundary

243.939	149.357
---------	---------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

183.621 149.357

Material boundary

253.060 154.357
196.266 154.357

Material boundary

268.730 159.357
208.927 159.357

Material boundary

285.748 164.357
221.590 164.357

Material boundary

298.374 169.357
234.264 169.357

Material boundary

307.293 174.357
246.946 174.357

Material boundary

315.736 179.357
259.641 179.357

Material boundary

327.015 184.357
272.348 184.357

Material boundary

334.272 189.357
285.062 189.357

Material boundary

346.997 194.357
297.795 194.357

Material boundary

360.748 199.357
310.543 199.357

Material boundary

372.835 204.357
323.304 204.357

Material boundary

394.048 209.357
336.094 209.357

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Material boundary

410.632 214.357
348.896 214.357

Material boundary

430.474 219.357
361.722 219.357

SSR Search Area

44.297 80.399
442.053 80.399
442.053 257.867
44.297 257.867

10.2 Tabulato di output

Critical Strength Reduction Factor: 1.12

Maximum Total Displacement: 3.51585 m

Converged: yes

Material: Argilla limosa a consistenza dura

Peak friction angle: 16.451 degrees

Peak cohesion: 15.4018 kPa

Residual Friction Angle: 16.451 degrees

Residual Cohesion: 15.4018 kPa

Material: Sabbia limosa a consistenza addensata

Peak friction angle: 20.7565 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 20.7565 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Sabbia Limosa mediamente addensata

Peak friction angle: 29.158 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 29.158 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Roccia granitica

Peak friction angle: 26.5662 degrees

Peak cohesion: 71.4286 kPa

Residual Friction Angle: 26.5662 degrees

Residual Cohesion: 71.4286 kPa

Material: Deposito

Peak friction angle: 26.5662 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 26.5662 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 1.13

Maximum Total Displacement: 4.20392 m

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Converged: no

Material: Argilla limosa a consistenza dura

Peak friction angle: 16.3132 degrees

Peak cohesion: 15.2655 kPa

Residual Friction Angle: 16.3132 degrees

Residual Cohesion: 15.2655 kPa

Material: Sabbia limosa a consistenza addensata

Peak friction angle: 20.5883 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 20.5883 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Sabbia Limosa mediamente addensata

Peak friction angle: 28.9418 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 28.9418 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Roccia granitica

Peak friction angle: 26.363 degrees

Peak cohesion: 70.7965 kPa

Residual Friction Angle: 26.363 degrees

Residual Cohesion: 70.7965 kPa

Material: Deposito

Peak friction angle: 26.363 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 26.363 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 1.14

Maximum Total Displacement: 5.95127 m

Converged: no

Material: Argilla limosa a consistenza dura

Peak friction angle: 16.1776 degrees

Peak cohesion: 15.1316 kPa

Residual Friction Angle: 16.1776 degrees

Residual Cohesion: 15.1316 kPa

Material: Sabbia limosa a consistenza addensata

Peak friction angle: 20.4226 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 20.4226 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Sabbia Limosa mediamente addensata

Peak friction angle: 28.7285 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 28.7285 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Roccia granitica

Peak friction angle: 26.1627 degrees

Peak cohesion: 70.1754 kPa

Residual Friction Angle: 26.1627 degrees

Residual Cohesion: 70.1754 kPa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Material: Deposito

Peak friction angle: 26.1627 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 26.1627 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 1.18

Maximum Total Displacement: 8.03184 m
Converged: no

Material: Argilla limosa a consistenza dura

Peak friction angle: 15.6566 degrees
Peak cohesion: 14.6186 kPa
Residual Friction Angle: 15.6566 degrees
Residual Cohesion: 14.6186 kPa

Material: Sabbia limosa a consistenza addensata

Peak friction angle: 19.7849 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 19.7849 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Sabbia Limosa mediamente addensata

Peak friction angle: 27.9035 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 27.9035 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Roccia granitica

Peak friction angle: 25.389 degrees
Peak cohesion: 67.7966 kPa
Residual Friction Angle: 25.389 degrees
Residual Cohesion: 67.7966 kPa

Material: Deposito

Peak friction angle: 25.389 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 25.389 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 1.25

Maximum Total Displacement: 14.4023 m
Converged: no

Material: Argilla limosa a consistenza dura

Peak friction angle: 14.8195 degrees
Peak cohesion: 13.8 kPa
Residual Friction Angle: 14.8195 degrees
Residual Cohesion: 13.8 kPa

Material: Sabbia limosa a consistenza addensata

Peak friction angle: 18.7565 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 18.7565 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Material: Sabbia Limosa mediamente addensata

Peak friction angle: 26.5603 degrees

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 26.5603 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: Roccia granitica
Peak friction angle: 24.1334 degrees
Peak cohesion: 64 kPa
Residual Friction Angle: 24.1334 degrees
Residual Cohesion: 64 kPa
Material: Deposito
Peak friction angle: 24.1334 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 24.1334 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 1.5
Maximum Total Displacement: 34.6356 m
Converged: no
Material: Argilla limosa a consistenza dura
Peak friction angle: 12.4336 degrees
Peak cohesion: 11.5 kPa
Residual Friction Angle: 12.4336 degrees
Residual Cohesion: 11.5 kPa
Material: Sabbia limosa a consistenza addensata
Peak friction angle: 15.8006 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 15.8006 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: Sabbia Limosa mediamente addensata
Peak friction angle: 22.6156 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 22.6156 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: Roccia granitica
Peak friction angle: 20.4732 degrees
Peak cohesion: 53.3333 kPa
Residual Friction Angle: 20.4732 degrees
Residual Cohesion: 53.3333 kPa
Material: Deposito
Peak friction angle: 20.4732 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 20.4732 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Displacements

Maximum total displacement for Stage 1: 0 m
Maximum total displacement for Stage 2: 0.0522709 m
Maximum total displacement for Stage 3: 0.0523072 m
Maximum total displacement for Stage 4: 0.107133 m

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Maximum total displacement for Stage 5: 0.15086 m
Maximum total displacement for Stage 6: 0.187445 m
Maximum total displacement for Stage 7: 0.220927 m
Maximum total displacement for Stage 8: 0.245454 m
Maximum total displacement for Stage 9: 0.274818 m
Maximum total displacement for Stage 10: 0.301367 m
Maximum total displacement for Stage 11: 0.318935 m
Maximum total displacement for Stage 12: 0.330624 m
Maximum total displacement for Stage 13: 0.340716 m
Maximum total displacement for Stage 14: 0.349288 m
Maximum total displacement for Stage 15: 0.355089 m
Maximum total displacement for Stage 16: 0.359806 m
Maximum total displacement for Stage 17: 0.362338 m
Maximum total displacement for Stage 18: 0.364145 m
Maximum total displacement for Stage 19: 0.365486 m
Maximum total displacement for Stage 20: 0.366605 m
Maximum total displacement for Stage 21: 0.367586 m
Maximum total displacement for Stage 22: 0.66718 m

Yielded Elements

Yielded Mesh Elements

Number of yielded mesh elements on Stage 1: 111
Number of yielded mesh elements on Stage 2: 116
Number of yielded mesh elements on Stage 3: 117
Number of yielded mesh elements on Stage 4: 120
Number of yielded mesh elements on Stage 5: 122
Number of yielded mesh elements on Stage 6: 126
Number of yielded mesh elements on Stage 7: 127
Number of yielded mesh elements on Stage 8: 133
Number of yielded mesh elements on Stage 9: 141
Number of yielded mesh elements on Stage 10: 146
Number of yielded mesh elements on Stage 11: 160
Number of yielded mesh elements on Stage 12: 168
Number of yielded mesh elements on Stage 13: 177
Number of yielded mesh elements on Stage 14: 188
Number of yielded mesh elements on Stage 15: 195
Number of yielded mesh elements on Stage 16: 204
Number of yielded mesh elements on Stage 17: 207
Number of yielded mesh elements on Stage 18: 211
Number of yielded mesh elements on Stage 19: 214
Number of yielded mesh elements on Stage 20: 217
Number of yielded mesh elements on Stage 21: 223
Number of yielded mesh elements on Stage 22: 476

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

11. Premessa

Nell'area in cui dovrà essere realizzato il deposito CRA 2, era stato inizialmente programmato il seguente piano d'indagine:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo;
- n. 3 prove SPT in foro;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- n. 1 prospezione sismica a onde P;
- n. 1 prospezione sismica Masw.

L'esecuzione delle prove previste è stata limitata dalla morfologia a ripiani terrazzati, dalla mancanza di adeguate piste di accesso e dalla fitta vegetazione spontanea, arborea ed arbustiva, che caratterizzava l'area di indagine.

La macchina di perforazione (montata su autocarro a doppia trazione) dopo diversi tentativi non è riuscita con la viabilità esistente, ad accedere al luogo previsto per eseguire il sondaggio. Neanche il penetrometro semovente cingolato, a causa della presenza di terrazzamenti, è riuscito ad accedere nell'area di indagine prevista.

La prospezione sismica a onde P non è stato possibile eseguirla in quanto non vi era la possibilità di sviluppare in lunghezza lo stendimento necessario (120 m), mentre per lo stesso motivo anche la lunghezza dello stendimento Masw è stata limitata a 20 m.

Per accedere all'area di indagine bisognava realizzare delle piste ex novo e procedere al taglio della fitta vegetazione spontanea presente. Per una serie di difficoltà non è stato possibile eseguire i lavori necessari per garantire il pieno accesso all'area di indagine.

Per tali motivazioni le indagini sono state eseguite 45 m a valle del limite inferiore dell'area di stoccaggio, dove con difficoltà è stato possibile accedere con il penetrometro cingolato ed eseguire la prova Masw.

Pertanto, alla luce delle difficoltà sopra citate, sono state eseguite solo le seguenti indagini:

- n. 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- n. 1 prospezione sismica Masw.

Il suddetto piano d'indagine, pur essendo limitato rispetto a quello programmato, viene considerato sufficiente per la finalità dell'intervento in progetto, anche alla luce dei dati acquisiti con le indagini eseguite per il deposito CRA 1, il cui bacino è limitrofo a questo oggetto di studio. Inoltre, anche se i punti di indagine sono 45 m a valle del limite inferiore del bacino di stoccaggio, i risultati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

ottenuti possono essere ritenuti validi per le finalità del progetto, in quanto le unità litotecniche individuate sono le stesse e le caratteristiche geotecniche sono molto uniformi.

L'ubicazione e le modalità tecnico-esecutive dei lavori di indagine sono state disposte dal tecnico, dott. geol. Francesco Surace, a cui è stata affidata anche la direzione in fase esecutiva.

I risultati delle indagini e la relativa documentazione fotografica sono riportati in appendice alla presente relazione.

L'ubicazione dei punti di indagine, con la relativa denominazione, è stata riportata a parte su apposito elaborato planimetrico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI		<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12. Prove penetrometriche dinamiche pesanti

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Nell'indagine eseguita è stato utilizzato un *penetrometro dinamico super pesante (DPSH-B)*, mod. Pagani TG 63/200, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

Rif. Norme	DIN 4094
PESO MASSA BATTENTE : M	63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA: H	0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA : Ms	0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA: D	51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA: A	20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA: α	90°
LUNGHEZZA DELLE ASTE: La	1,00 m
PESO ASTE PER METRO: Ma	6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1a ASTA: P1	0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA : δ	0,20 m
NUMERO DI COLPI PUNTA: N= N ₍₂₀₎	Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO $Q = (MH) / (A \delta) = 11,65565 \text{ kg/cm}^2$ (prova SPT: $Q_{spt} = 7.83 \text{ kg/cm}^2$)	
COEFF. TEORICO DI ENERGIA $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente: $N_{spt} = \beta_t N$)	

I

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Sono state effettuate n. 2 prove, per complessivi 18,6 m di infissione nel terreno, con profondità di penetrazione che variano da 4,4 fino 14,2 m.

Fino alla massima profondità raggiunta, in fase di estrazione delle aste penetrometriche, non è stata rilevata alcuna traccia di acque sulle stesse. Tale circostanza consente di ritenere che nel sottosuolo dell'area esaminata non vi siano falde acquifere superficiali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

13. Indagine sismica

La prospezione sismica è stata eseguita secondo gli standard di riferimento, utilizzando un Sismografo modulare Geometrics Geode a 24 canali, con conversione analogico-digitale a 24 bit, ad elevata dinamica, avente le seguenti caratteristiche principali:

- Range dinamico: 144 dB di sistema.
- Distorsione: 0.0005 % @ 2.0 ms.
- Banda di acquisizione: 1.75-20.000 Hz.
- Accuratezza trigger: 1/32 del passo di campionamento.
- Impedenza: 20 Kohm.
- Filtri in acquisizione: LowCut: 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz 24/48 dB/Octave, Butterworth. Notch: 50, 60, 180 Hz. HighCut: 32, 64, 125, 250, 500, 1000 Hz 24/48 dB/Octave.
- Intervallo di campionamento: 0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 msec.
- Lunghezza di registrazione: 16.384 campioni.
- Pre-trigger: fino a tutta la lunghezza di registrazione.
- Delay: da 0 a 9999 ms in passi di una lunghezza di intervallo.

Per il rilievo della velocità del moto del suolo sono stati utilizzati geofoni Geospace, con frequenza di oscillazione di 4.5 Hz (MASW).

13.1 Multichannel analysis of surface waves (masw)

E' stata eseguita una prospezione sismica a 20 canali d'acquisizione, adottando una distanza intergeofonica di 1 metro, con una lunghezza dello stendimento pari a 20 m.

L'elaborazione del sismogramma è avvenuta da punti di energizzazione posti a 4 metri dal primo geofono. La tecnica si basa sullo studio della dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di tipo Rayleigh (R), nota in letteratura come Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW).

Anche se la lunghezza dello stendimento è stata limitata a 20 m (per le motivazioni riportate in premessa), in base alle frequenze minime acquisite nel campo delle velocità di fase delle onde di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA2 - RELAZIONE GEOTECNICA, VERIFICA DI STABILITA' E RISULTATI DELLE INDAGINI	<i>Codice documento</i> CZ0175_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Rayleigh, è stato possibile raggiungere una profondità di poco superiore ai 30 metri. Quindi il dato delle Vs30 è stato considerato attendibile.

Varapodio, li Dicembre 2010.

Il Direttore delle Indagini
dott. geol. Francesco Surace