

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

EUROLINK S.C.p.A.

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

IL PROGETTISTA
ATI PRO-GLOBAL
Ing. B. Polifroni n° A1845
Arch. S. Fedele n° 274



Ing. E. Pagani
Ordine Ing. Milano n°15408

IL CONTRAENTE GENERALE
PROJECT MANAGER
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA
Direttore Generale
Ing. G. Fiammenghi

STRETTO DI MESSINA
Amministratore Delegato
Dott. P. Ciucci

Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"

CZV0698_F0

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA
<i>Tipo di sistema</i>	CANTIERI
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE E PRODUZIONE INERTI
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE
<i>Titolo del documento</i>	CRA 5 - FORESTA - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'

CODICE

C G 1 4 0 0 P R B V C C Z C 4 S D 2 2 0 0 0 0 0 1 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	08/06/2012	EMISSIONE FINALE	SURACE	G. POLIFRONI	B. POLIFRONI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

INDICE

INDICE	3
1 INTRODUZIONE	5
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	7
4 INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	7
5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	9
5.1 Stato iniziale dei materiali	10
6 PERICOLOSITA' SISMICA	11
7 FASI COSTRUTTIVE.....	13
8 MODELLO DI CALCOLO.....	13
8.1 Metodo agli elementi finiti (Metodo SSR)	13
8.2 Metodo dell'equilibrio limite (LEM)	15
9 PRESCRIZIONI ESECUTIVE	17
10 RISULTATI DI CALCOLO	17
10.1 Sezione 1.....	18
10.2 Sezione 2.....	20
11 TABULATI DI CALCOLO	21
11.1 Sezione 1 –post operam- tabulato input.....	21
11.2 Sezione 1 –post operam- tabulato output.....	28
11.3 Sezione 2 –post operam- tabulato input.....	31
11.4 Sezione 2 –post operam- tabulato output.....	38

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

1 INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda la caratterizzazione fisico meccanica del sottosuolo, e le verifiche connesse con la progettazione del deposito di materiale inerte CRA5-Foresta, che sorgerà in prossimità del comune di Varapodio, in provincia di Reggio Calabria (Fig.1.1).

Una parte del materiale costituente il deposito verrà successivamente rimossa (fig.1.3), tuttavia nelle analisi svolte, operando a vantaggio di sicurezza, l'intero deposito è stato considerato a carattere definitivo. Le analisi di stabilità del deposito sono state effettuate secondo il metodo **Shear Strength Reduction (SSR)**, applicato ad un modello agli elementi finiti a comportamento elasto-plastico, considerando le sezioni che permettono di individuare le principali configurazioni critiche dello stesso (Fig.1.2). Inoltre, con riferimento alla sezione critica del deposito, è stata anche eseguita una verifica di controllo, seguendo l'approccio tradizionale all'equilibrio limite (**LEM**), che mostra come i fattori di sicurezza ottenuti siano congruenti fra loro.

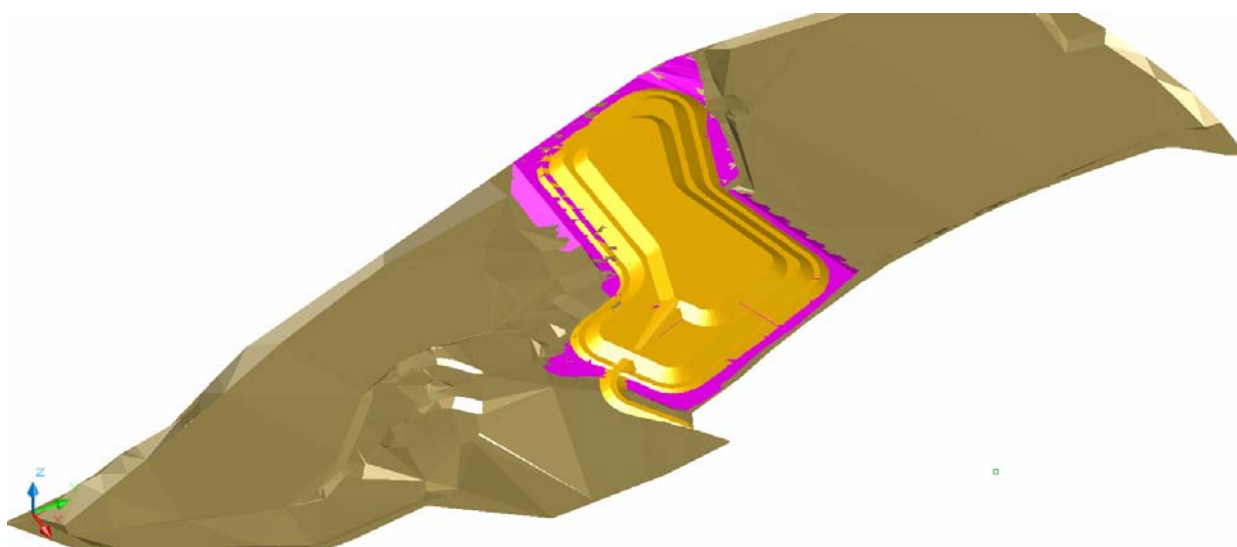


Figura 1.1 : Vista tridimensionale del deposito CRA5- Foresta

Per quanto riguarda gli aspetti litologici, geologici ed idrogeologici si fa riferimento alle specifiche relazioni di progetto, affiancate agli elaborati generali di riferimento:

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		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Per ulteriori informazioni si rimanda alla relazione tecnica generale.

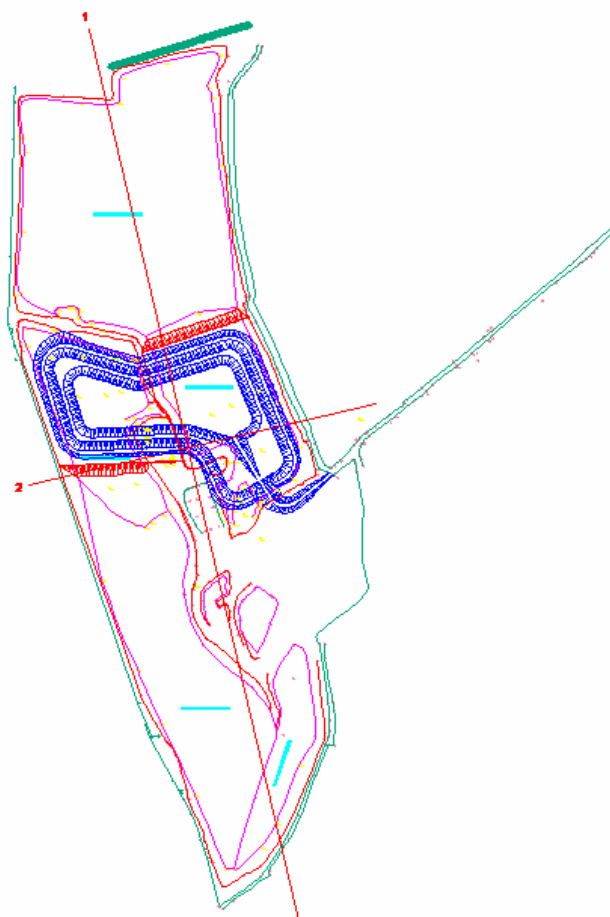


Figura 1.2 : Planimetria del deposito CRA4 con indicazione delle sezioni di calcolo

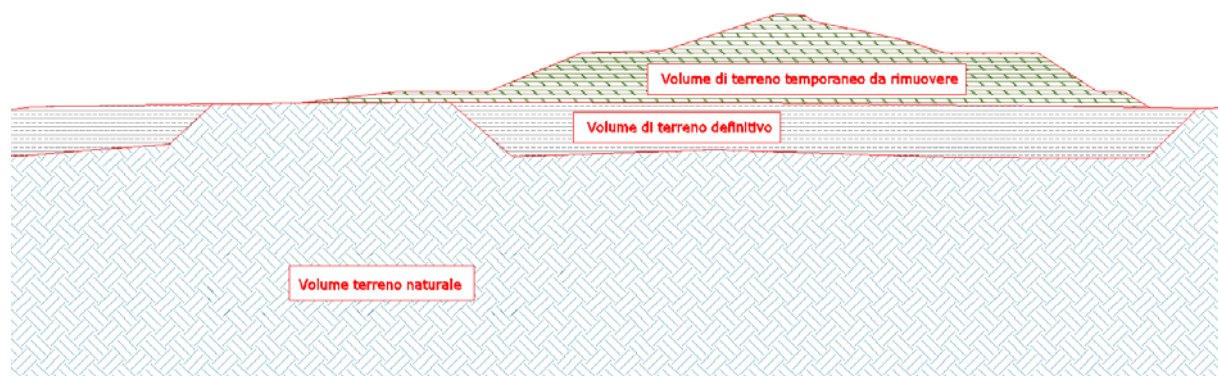


Figura 1.3: Sezione trasversale tipo con indicazione del volume di terreno da rimuovere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Nel seguito si elencano le normative a cui si è fatto riferimento, e si descrivono i parametri geotecnici adottati nei calcoli, i modelli di calcolo e le verifiche di stabilità del deposito in oggetto. 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 E GEOTECNICO**

Il sito interessato dall’intervento è caratterizzato principalmente da depositi alluvionali recenti. Dal punto di vista granulometrico sono costituiti in prevalenza da elementi clastici di dimensioni comprese tra i ciottoli e le ghiaie, immersi in un’abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa. I ciottoli sono generalmente di forma subarrotondata e di natura metamorfica e granitica; le sabbie sono in prevalenza quarzose ed hanno forma subangolare. Trattandosi di materiale di deposizione recente, la pressione litostatica non è stata mai molto elevata, per cui i processi diagenetici sono praticamente irrilevanti. I sedimenti sono quindi privi di coesione effettiva e risultano facilmente disgregabili per la mancanza di cementazione. Lo spessore di questa formazione risulta variabile fra 30 e 50 m. Durante le operazioni di cava è stata identificata la risalita dl’acqua, fino alla quota campagna, che ha dato origine alla formazione del bacino esistente.

4 **INDAGINI GEOGNOSTICHE**

I dati acquisiti in questa fase di studio, integrati anche con le informazioni disponibili da altre indagini, per come specificato nella relazione geologica, hanno consentito di definire, con sufficiente approssimazione il modello geotecnico di progetto. A tal riguardo, in figura 4.1 e tabella 4.1, si riportano le sezioni litotecniche di riferimento utilizzate nei calcoli ed i rispettivi parametri geotecnici di sintesi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'		<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

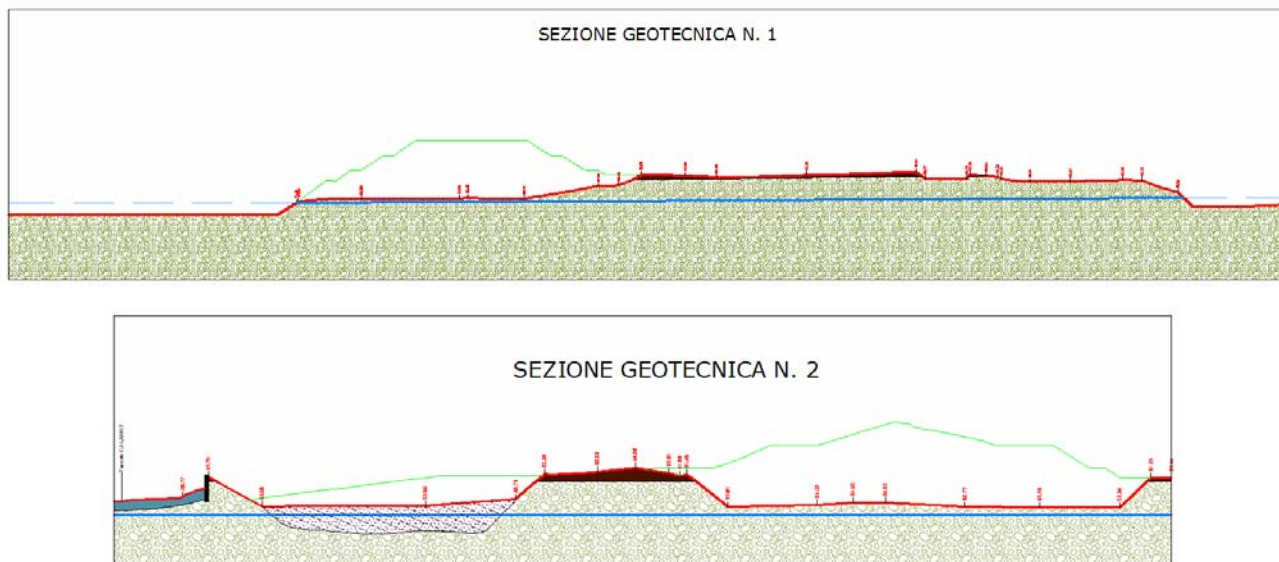


Figura 4.1 : Sezioni geotecniche di riferimento





Litologia	Parametri geotecnici
 Materiale eterogeneo di riempimento degli scavi derivati dalla passata attività estrattiva.	Peso Unità di Volume: 1,8 t/mc Angolo di Attrito: 22° Coesione: 0,00 Kg/cm ²
 Terreno vegetale a composizione limosa - argillosa.	Peso Unità di Volume: 1,8 t/mc Angolo di Attrito: 22° Coesione: 0,16 Kg/cm ²
 Depositi alluvionali in alveo attivo attivo composti da blocchi e ciottoli sub arrotondati immersi in una matrice ghiaioso - sabbiosa, con lenti di ghiaie sabbiose e sabbie limose.	Peso Unità di Volume: 1,9 t/mc Angolo di Attrito: 32° Coesione: 0,00 Kg/cm ²
 Depositi alluvionali composti da blocchi e ciottoli sub arrotondati immersi in una matrice ghiaioso - sabbiosa, con lenti di ghiaie sabbiose e sabbie limose.	Peso Unità di Volume: 1,9 t/mc Angolo di Attrito: 33° Coesione: 0,00 Kg/cm ²

Tabella 4.1 : Parametri geotecnici di sintesi

Per quanto riguarda le indagini geofisiche è stato eseguito uno stendimento sismico. Le risultanze delle indagini geosismiche MASW hanno fornito un valore del $V_{s,30}$, necessario per classificare la categoria di sottosuolo [par.3.2.2, NTC 2008] :

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = 246 \text{ m/s}$$

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		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'		<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geomeccanica dell'area in esame è stata definita facendo riferimento a dati di prove penetrometriche pesanti eseguite in aree di fondovalle alluvionali simili e vicine a quella interessata dall'intervento in progetto. Si riassumono i parametri geotecnici utilizzati nelle analisi:

Depositi alluvionali – ciottoli con ghiaia e sabbia

		Caratteristici	Di progetto
Peso di Volume	γ [kN/mc]	19.00	19.00
Peso di Volume saturo	γ_s [kN/mc]	20.00	20.00
Coazione efficace	c' [kPa]	0	0
Angolo di attrito	ϕ [°]	33	27.45
Modulo di Young	E [kPa]	15000	15000
Coefficiente di Poisson	ν	0.32	0.32

Terreno vegetale a composizione limosa – argillosa


		Caratteristici	Di progetto
Peso di Volume	γ [kN/mc]	18.00	18.00
Peso di Volume saturo	γ_s [kN/mc]	19.00	19.00
Coazione efficace	c' [kPa]	16	12.8
Angolo di attrito	ϕ [°]	22	17.91
Modulo di Young	E [kPa]	2500	2500
Coefficiente di Poisson	ν	0.32	0.32

Depositi alluvionali in alveo

		Caratteristici	Di progetto
Peso di Volume	γ [kN/mc]	19.00	19.00
Peso di Volume saturo	γ_s [kN/mc]	20.00	20.00
Coazione efficace	c' [kPa]	0	0
Angolo di attrito	ϕ [°]	32	26.56
Modulo di Young	E [kPa]	15000	15000
Coefficiente di Poisson	ν	0.30	0.30

▪ Materiale inerte (che costituirà il corpo del deposito)

		Caratteristici	Di progetto
Peso di Volume	γ [kN/mc]	19.00	19.00
Peso di Volume saturo	γ_s [kN/mc]	20.00	20.00
Coazione efficace	c' [kPa]	0	0
Angolo di attrito	ϕ [°]	35	29.25

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Modulo di Young	E [kPa]	30000	30000
Coefficiente di Poisson	v	0.30	0.30

5.1 Stato iniziale dei 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 risultano rispettivamente:

$$\sigma'_H = k' \sigma'_V \text{ e } \sigma_H = k' (\sigma_V - u) + u$$



dove

- 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;

Nel caso esaminato è stato assunto un valore di k' dato dalla seguente relazione [Jaky, 1944]:

$$k' = 1 - \sin \varphi'$$

In cui φ' è l'angolo di resistenza al taglio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

6 PERICOLOSITA' SISMICA

I parametri sismici sono funzione di diversi fattori, quali:

- 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 2.4 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 dell'intervento, è stata scelta corrisponde alla categoria T2 [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_{\max} accelerazione massima attesa sul sito;

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

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

S_s coefficiente di amplificazione stratigrafica, funzione di F_0 (fattore massimo di amplificazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

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). Si riportano i parametri sismici ricavati.

Sito in esame

latitudine: 38,355953
longitudine: 15,939563
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 44105	Lat: 38,3582	Lon: 15,9084	Distanza: 2731,975
Sito 2 ID: 44106	Lat: 38,3568	Lon: 15,9719	Distanza: 2823,642
Sito 3 ID: 44328	Lat: 38,3068	Lon: 15,9701	Distanza: 6081,535
Sito 4 ID: 44327	Lat: 38,3082	Lon: 15,9065	Distanza: 6042,088

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente c_u : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30[anni]
 a_g : 0,069 g
Fo: 2,298
Tc*: 0,277 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475[anni]
 a_g : 0,272 g
Fo: 2,424
Tc*: 0,365 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50[anni]
 a_g : 0,093 g
Fo: 2,274
Tc*: 0,293 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975[anni]
 a_g : 0,366 g
Fo: 2,470
Tc*: 0,390 [s]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'		<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

Coefficienti Sismici

SLO: Ss: 1,500 Cc: 1,600 St: 1,200 Kh: 0,025 Kv: 0,012 Amax: 1,215 Beta: 0,200	SLV: Ss: 1,300 Cc: 1,460 St: 1,200 Kh: 0,119 Kv: 0,059 Amax: 4,167 Beta: 0,280
SLD: Ss: 1,500 Cc: 1,570 St: 1,200 Kh: 0,033 Kv: 0,017 Amax: 1,633 Beta: 0,200	SLC: Ss: 1,160 Cc: 1,430 St: 1,200 Kh: 0,143 Kv: 0,071 Amax: 4,991 Beta: 0,280

7 FASI COSTRUTTIVE

Il riempimento del deposito sarà effettuato in progressive stratificazioni (rappresentate nelle analisi con spessore pari a circa 3.00 m). Nel modello di calcolo impiegato, tenendo conto di quanto detto in premessa, è stato ricostruito l'intero processo di realizzazione del deposito, partendo dalla configurazione di terreno vergine, corrispondente alle condizioni tensionali iniziali, antecedenti al progressivo accumulo di materiale, fino alle condizioni finali, in presenza di sisma. In particolare, gli stages di calcolo previsti sono:

- STAGE 1: Condizioni iniziali
- STAGE 2-n-1: Sovrapposizione degli strati di riempimento del deposito
- STAGE n: Azione del sisma e presenza della falda

8 MODELLO DI CALCOLO

8.1 Metodo agli elementi finiti (Metodo SSR)

La risoluzione di un problema di stabilità di un versante richiede la conoscenza delle sue equazioni di governo, ovvero le equazioni di equilibrio e quelle costitutive, che descrivono il comportamento meccanico del terreno.

Tali equazioni risultano particolarmente complesse, visto che il terreno è un sistema multifase, EuroLink S.C.p.A.

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, vista 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.

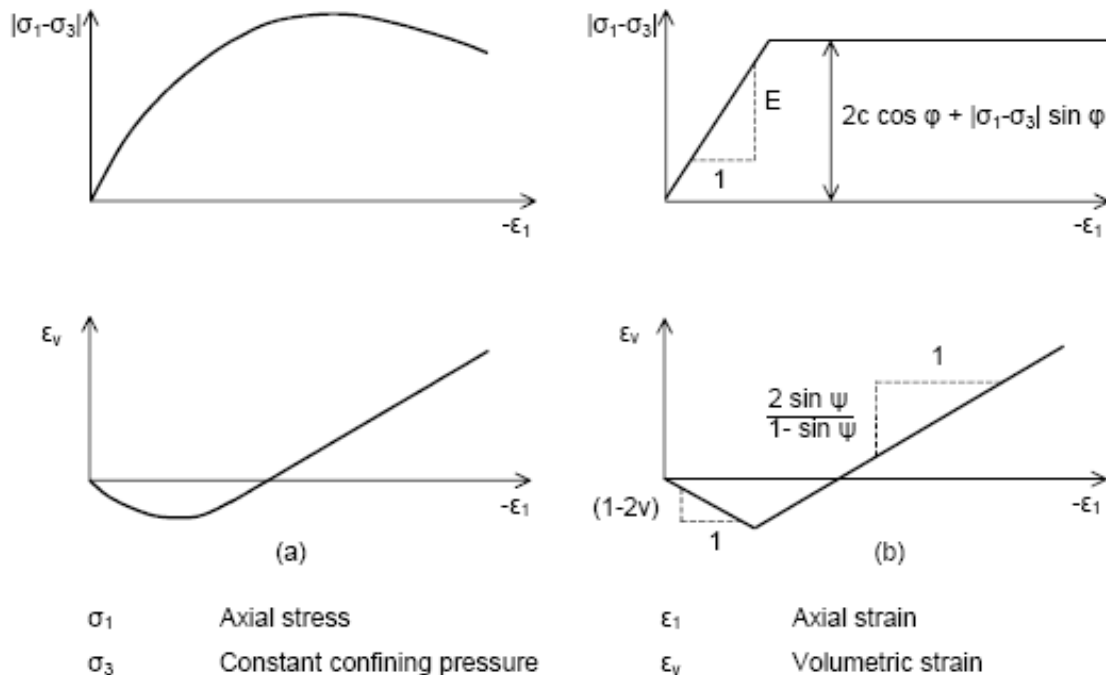


Figura 8.1

Il software impiegato per l'analisi di stabilità del pendio 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 [PHASE2, Rocscience 2003].

Le analisi di stabilità sono state effettuate discretizzando il terreno attraverso una mesh uniforme, con elementi finiti a tre nodi. 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

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, Griffth & Lane 1999, Matsui & San, 1992].

Il coefficiente di sicurezza viene ottenuto riducendo progressivamente la resistenza a taglio dei materiali che costituiscono il pendio, 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 del pendio.

8.2 Metodo dell'equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio viene calcolata l'azione instabilizzante Ed e confrontata con la resistenza Rd disponibile per il sistema geotecnico, valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce l'indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = Rd/Ed$.

Le analisi sono state condotte con il programma di calcolo *SLIDE* della *Rocscience Inc.*, utilizzando il metodo di *Bishop semplificato* (1955), ed ipotizzando superfici di scorrimento circolari di raggio r , con il materiale coinvolto nella rottura suddiviso in conci di larghezza b (vedi schema riportato in figura 8.2), per ognuno dei quali viene espresso il rapporto fra i momenti stabilizzanti M_s (resistenza Rd del sistema geotecnico) e i momenti ribaltanti M_r (azione Ed) calcolati rispetto al centro del cerchio.

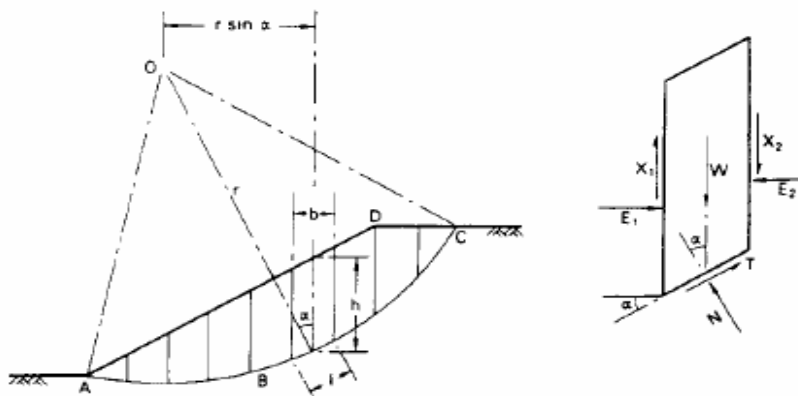


Figura 8.2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

9 PRESCRIZIONI ESECUTIVE

Il deposito in esame è formato prevalentemente da materiali classificati come “terre e rocce da scavo” provenienti quindi, da scavi di sbancamento di fondazione o in galleria appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃ (classificazione **CNR- UNI 10006**, 1963).

Prima della costruzione del corpo del deposito, si deve procedere alla rimozione e asportazione del terreno vegetale ove presente, per uno spessore medio pari a 25 cm, in modo che il piano di posa risulti più regolare possibile, privo di avvallamenti e tale da evitare il ristagno delle acque piovane.

I piani di posa sono ottenuti praticando scavi di sbancamento a gradoni laddove il terreno si presenta non orizzontale. La stesa del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante pari a 50 cm. A compattazione avvenuta, i materiali impiegati devono presentare un modulo di deformabilità non inferiore a 15 MPa e caratteristiche di resistenza congruenti con le ipotesi di progetto per il corpo del deposito; queste ultime devono essere accertate in modo rigoroso, e garantite anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli.


E' inoltre opportuno sottolineare la necessità di realizzare una sperimentazione in vera grandezza (“**campo prova**”) al fine di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego di mezzi disponibili, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni prescritte (grado di addensamento, portanza e resistenza). La sperimentazione in scala reale deve riguardare ogni campione omogeneo di materiale che si intende utilizzare per la realizzazione del corpo del deposito e deve essere completata prima della esecuzione dello stesso, in modo da essere di riferimento dei movimenti di materia e delle modalità esecutive di lavorazione. L'area predestinata alla prova deve essere perfettamente livellata, compattata, tale da presentare caratteristiche di deformabilità e resistenza analoghe a quelle dei materiali in esame.

10 RISULTATI DI CALCOLO

Le analisi sono state condotte 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'analisi in condizioni sismiche è stata effettuata considerando le componenti orizzontale e verticale, con rotazione dei coefficienti moltiplicativi, come individuato nella relazione 7.3.15 NTC 2008. Per semplicità, si è riportato la risposta alla combinazione dell'azione sismica più

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'		<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

sfavorevole.

Nelle figure seguenti vengono illustrate le configurazioni del pendio relative ai diversi stages, con la contemporanea presenza di sisma e falda .

10.1 Sezione 1

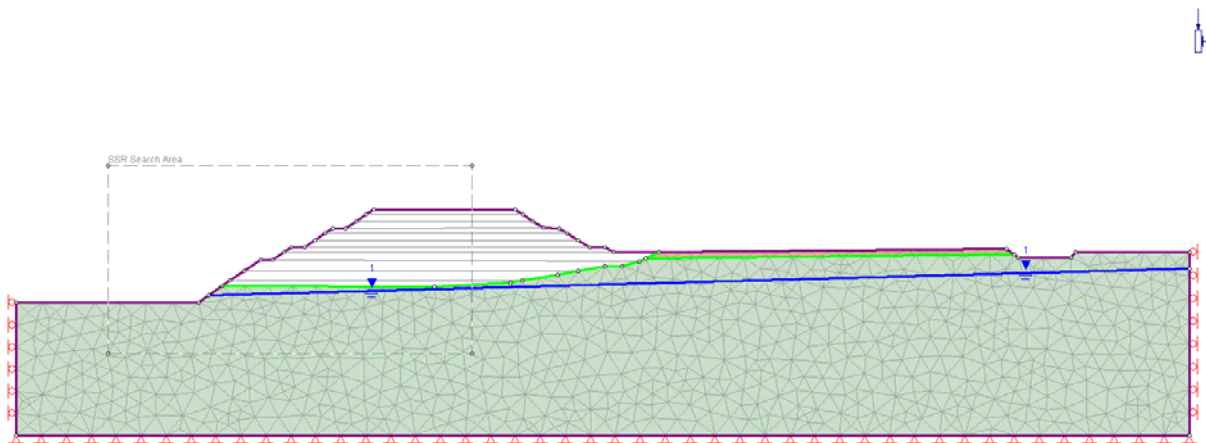


Figura 10.1 : Fase iniziale

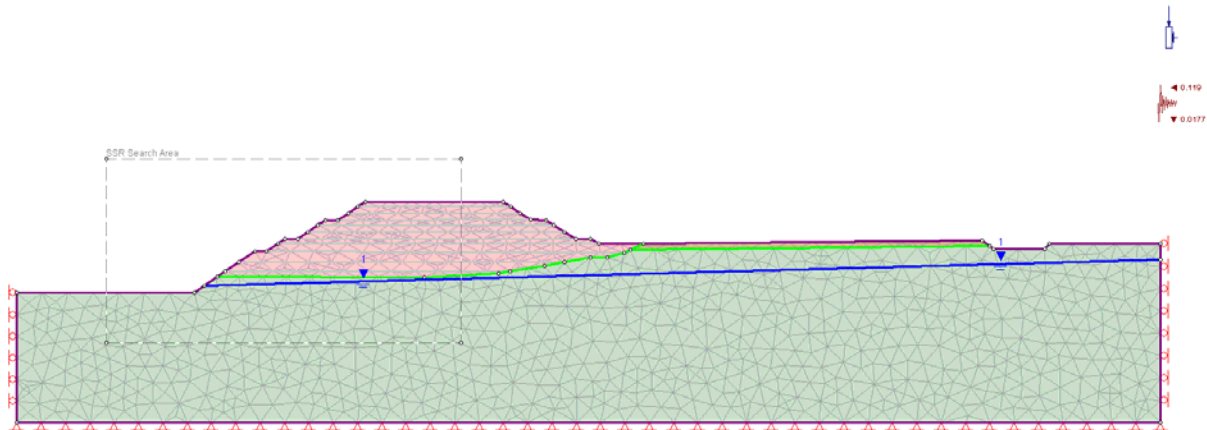


Figura 10.2 : Fase finale – completo riempimento in presenza di sisma

L'analisi di stabilità condotta sulla configurazione di completo riempimento del deposito con materiale inerte ha fornito un valore del coefficiente di sicurezza pari a **1.11**, superiore al valore normativo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

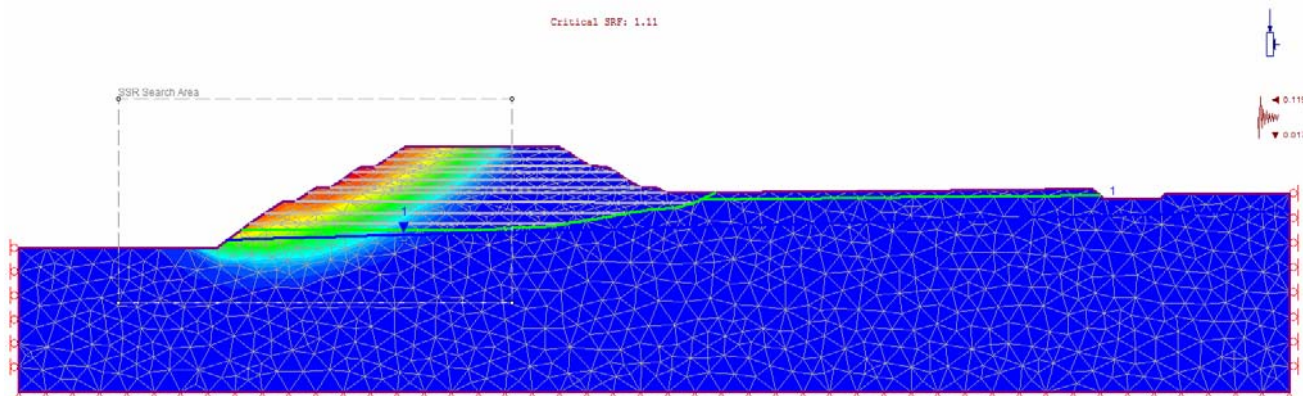


Figura 10.3 : Meccanismo di scivolamento - Spostamenti totali – Fase finale - SRF=1.11

Come accennato nell'introduzione, la verifica della sezione critica (sezione con coefficiente di sicurezza più basso) è stata anche eseguita secondo l'approccio tradizionale all'equilibrio limite (figura 10.4):

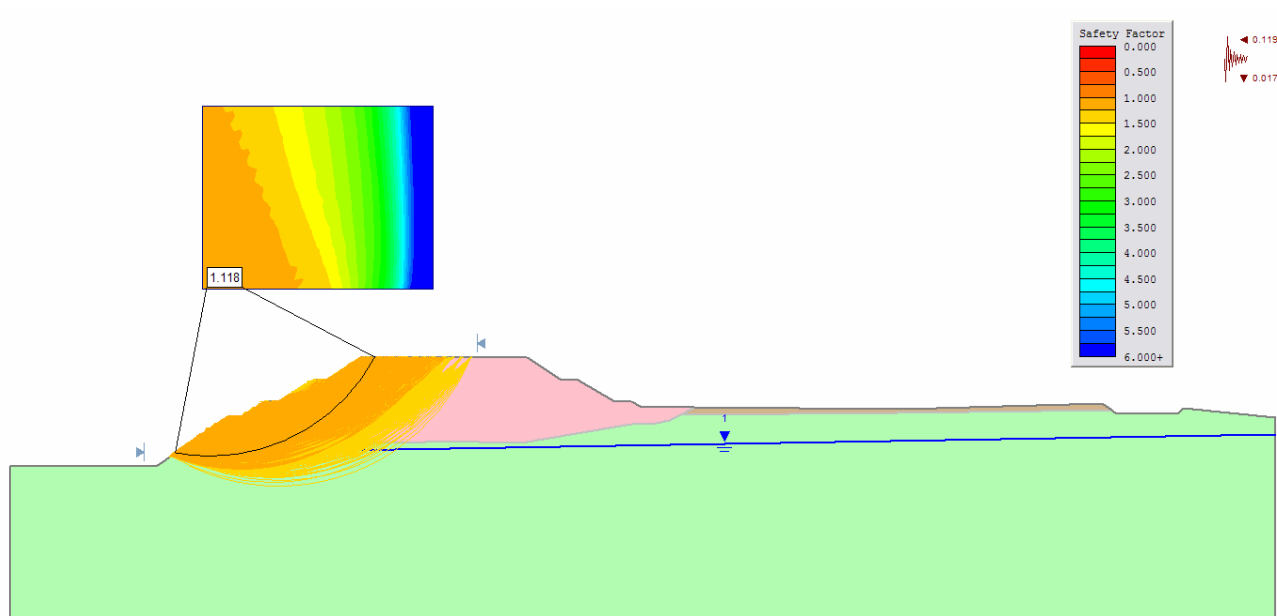




Figura 10.4 : Verifica di stabilità con il metodo dell'equilibrio limite (Sezione 1)

Dal confronto fra la figura 10.3 e la figura 10.4 appare evidente come i risultati ottenuti mediante le due analisi siano confrontabili fra di loro. Ciò mostra come il fattore di sicurezza ottenuto con il metodo utilizzato (SSR) sia assolutamente congruente ed in linea con i più tradizionali metodi di verifica della stabilità.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

10.2 Sezione 2

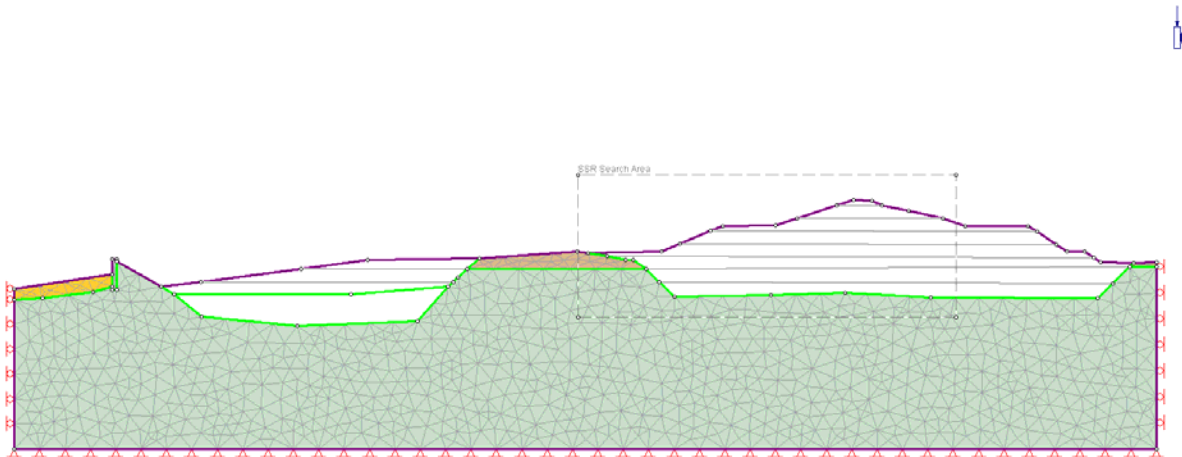


Figura 10.5 : Fase iniziale

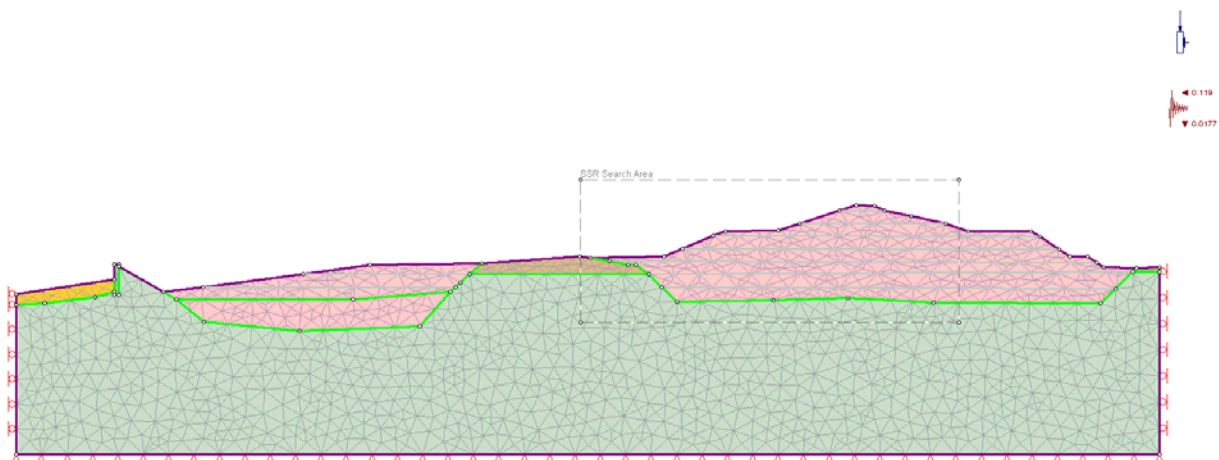




Figura 10.6 : Fase finale – completo riempimento in presenza di sisma

L'analisi di stabilità condotta sulla configurazione finale anche in questo caso ha fornito un valore del coefficiente di sicurezza pari a **2.02**, superiore a quello normativo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

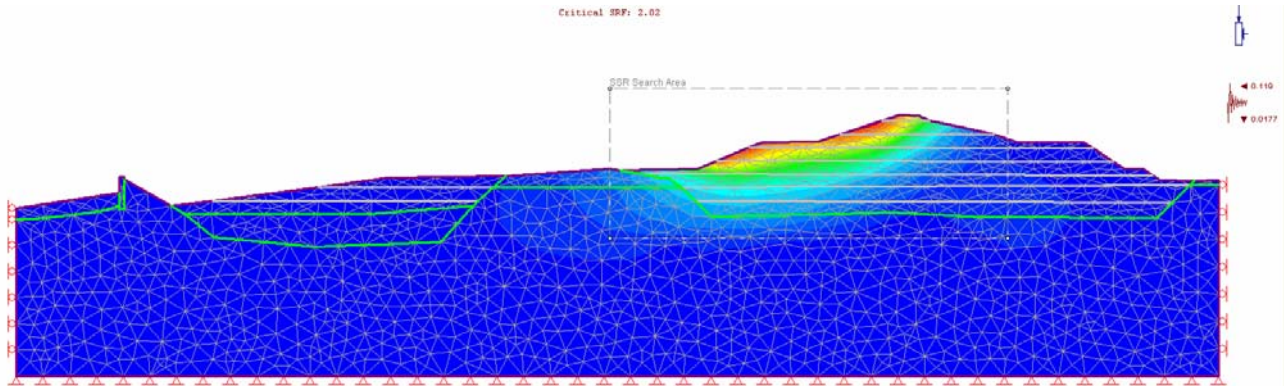


Figura 10.7 : Meccanismo di scivolamento - Spostamenti totali – Fase finale - SFR=2.02

Si riassumono nella tabella seguente i risultati ottenuti per le sezioni studiate, nella configurazione post-operam.

Configurazione	SFR	
	SEZIONE 1	SEZIONE 2
POST -OPERAM	1.11	2.02

Tabella 10.1

11 TABULATI DI CALCOLO

11.1 Sezione 1 –post operam- tabulato input

Project Settings

General

Project Title: Project1
Number of Stages: 13
Analysis Type: Plane Strain
Solver Type: Gaussian Elimination
Units: Metric, stress as kPa

Stress Analysis

Maximum Number of Iterations: 500
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Initial Estimate of SRF: 1
Step Size: Automatic
Tolerance (SRF): 0.01
Limit SSR Search Area: Yes
minx: 1035.16
maxx: 1150.94
miny: 714.204
maxy: 774.019
Accelerate SSR Analysis: Yes
Convergence Parameters: Automatic

Seismic Loading

Horizontal seismic load coefficient: -0.119 (positive to the right)
Vertical seismic load coefficient: -0.0177 (positive up)
Seismic load applied in: Stage 13

Mesh

Mesh type: uniform
Element type: 3 noded triangles
Number of elements on Stage 1: 1488
Number of nodes on Stage 1: 802
Number of elements on Stage 2: 1514
Number of nodes on Stage 2: 815
Number of elements on Stage 3: 1560
Number of nodes on Stage 3: 838
Number of elements on Stage 4: 1622
Number of nodes on Stage 4: 869
Number of elements on Stage 5: 1672
Number of nodes on Stage 5: 894
Number of elements on Stage 6: 1710
Number of nodes on Stage 6: 914
Number of elements on Stage 7: 1747
Number of nodes on Stage 7: 933
Number of elements on Stage 8: 1772
Number of nodes on Stage 8: 946
Number of elements on Stage 9: 1802
Number of nodes on Stage 9: 962
Number of elements on Stage 10: 1825
Number of nodes on Stage 10: 974
Number of elements on Stage 11: 1847
Number of nodes on Stage 11: 986
Number of elements on Stage 12: 1862
Number of nodes on Stage 12: 994
Number of elements on Stage 13: 1862
Number of nodes on Stage 13: 994

Reset Displacements

Displacements reset after: Stage 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Material Properties

Material: MATERIALE INERTE

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 19 kN/m³

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 30000 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

Piezo to use: 1

Hu Type: Auto

Custom Field Stress:

Field stress: gravity

Ground surface elevation: 0 m

Unit weight of overburden: 27 kN/m³

Effective stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 0.43

Effective stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 0.43

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

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

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 19 kN/m³

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 15000 kPa

Poisson's ratio: 0.32

Failure criterion: Mohr-Coulomb

Tensile strength: 0 kPa

Peak friction angle: 27.45 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Material type: Plastic

Dilation Angle: 0 degrees

Residual Friction Angle: 27.45 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Piezo to use: 1

Hu Type: Auto

Custom Field Stress:

Field stress: gravity

Ground surface elevation: 0 m

Unit weight of overburden: 27 kN/m³

Effective stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 0.46

Effective stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 0.46

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

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

Material: TERRENO VEGETALE

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 18 kN/m³

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Elastic type: isotropic
Young's modulus: 2500 kPa
Poisson's ratio: 0.32
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 17.91 degrees
Peak cohesion: 12.8 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 17.91 degrees
Residual Cohesion: 12.8 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0
Custom Field Stress:
Field stress: gravity
Ground surface elevation: 0 m
Unit weight of overburden: 27 kN/m3
Effective stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 0.626
Effective stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 0.626
Locked-in horizontal stress (in-plane): 0
Locked-in horizontal stress (out-of-plane): 0

Areas of Excavated and Filled Elements

Stage 2

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 148.756 m2

Stage 3

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 299.432 m2

Stage 4

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 375.733 m2

Stage 5

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 326.242 m2

Stage 6

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 162.964 m2

Stage 7

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 202.580 m2

Stage 8

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 167.917 m2

Stage 9

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 127.249 m2

Stage 10

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 128.981 m2

Stage 11

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 112.840 m2

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Stage 12

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 75.716 m2

Excavation Areas

Original Un-deformed Areas

External Boundary Area: 21687.900 m2

External Boundary Perimeter: 861.982 m

Stage 1

External Boundary Area: 21687.900 m2 (0 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 861.982 m (0 m change from original perimeter)

Stage 2

External Boundary Area: 21687.677 m2 (-0.223243 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 861.989 m (0.00748464 m change from original perimeter)

Stage 3

External Boundary Area: 21687.188 m2 (-0.712299 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 862.000 m (0.0179277 m change from original perimeter)

Stage 4

External Boundary Area: 21685.978 m2 (-1.92223 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 862.017 m (0.0354161 m change from original perimeter)

Stage 5

External Boundary Area: 21683.665 m2 (-4.23513 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 862.088 m (0.106081 m change from original perimeter)

Stage 6

External Boundary Area: 21682.434 m2 (-5.4659 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 862.124 m (0.141827 m change from original perimeter)

Stage 7

External Boundary Area: 21681.077 m2 (-6.82291 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 862.160 m (0.178123 m change from original perimeter)

Stage 8

External Boundary Area: 21679.849 m2 (-8.05118 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 862.186 m (0.204132 m change from original perimeter)

Stage 9

External Boundary Area: 21678.293 m2 (-9.60745 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 862.212 m (0.229731 m change from original perimeter)

Stage 10

External Boundary Area: 21676.769 m2 (-11.1313 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 862.240 m (0.257739 m change from original perimeter)


Stage 11

External Boundary Area: 21675.258 m2 (-12.6421 m2 change from original area)

External Boundary Perimeter: 862.260 m (0.277821 m change from original perimeter)

Stage 12

External Boundary Area: 21671.057 m2 (-16.8426 m2 change from original area)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

External Boundary Perimeter: 862.209 m (0.227286 m change from original perimeter)

Stage 13

External Boundary Area: 21667.088 m² (-20.8118 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 861.757 m (-0.224741 m change from original perimeter)

List of All Coordinates

External boundary

1005.958	730.264
1005.958	687.969
1379.405	687.969
1379.405	746.285
1343.189	746.285
1341.670	744.695
1324.889	744.712
1323.690	745.632
1321.278	747.481
1210.606	746.437
1196.063	746.345
1193.226	747.939
1188.609	747.939
1184.794	750.257
1181.359	752.345
1178.737	753.939
1173.865	754.183
1170.387	756.180
1167.249	758.345

1164.715	759.939
1119.664	759.939
1117.266	758.345
1114.155	756.261
1110.635	753.939
1106.622	753.939
1104.223	752.345
1101.079	750.257
1097.588	747.939
1093.573	747.939
1091.174	746.345
1087.420	743.852
1083.743	743.867
1078.436	740.345
1073.916	737.345
1071.549	735.702
1063.942	730.264

Stage boundary

1091.174	746.345
1196.063	746.345

Stage boundary

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

1087.420 743.852
1204.436 743.345

Stage boundary

1078.436 740.345
1184.833 740.345

Stage boundary

1073.916 737.345
1167.038 737.345

Stage boundary

1097.588 747.939
1188.609 747.939

Stage boundary

1104.223 752.345
1181.359 752.345

Stage boundary

1110.635 753.939
1173.865 754.183

Stage boundary

1117.266 758.345
1167.249 758.345

Stage boundary

1101.079 750.257
1184.794 750.257

Stage boundary

1114.155 756.261
1170.387 756.180

Material boundary

1071.549 735.702
1139.111 735.460
1163.315 736.723
1167.038 737.345
1178.212 739.212
1184.833 740.345
1193.307 741.796
1198.790 741.893
1204.436 743.345
1206.441 744.397
1210.606 746.437

Material boundary

1206.441 744.397
1323.690 745.632

Piezometric line

1067.142 732.551
1379.405 741.249

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

SSR Search Area

1035.160	714.204
1150.940	714.204
1150.940	774.019
1035.160	774.019

11.2 Sezione 1 –post operam- tabulato output

Shear Strength Reduction - Material Properties

Strength Reduction Factor: 1

Converged: yes

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 29.25 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 29.25 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Peak friction angle: 27.45 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 27.45 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: TERRENO VEGETALE

Peak friction angle: 17.91 degrees

Peak cohesion: 12.8 kPa

Residual Friction Angle: 17.91 degrees

Residual Cohesion: 12.8 kPa

Strength Reduction Factor: 1.05

Converged: yes

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 28.0736 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 28.0736 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Peak friction angle: 26.3226 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 26.3226 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: TERRENO VEGETALE

Peak friction angle: 17.1081 degrees

Peak cohesion: 12.1905 kPa

Residual Friction Angle: 17.1081 degrees

Residual Cohesion: 12.1905 kPa

Strength Reduction Factor: 1.08

Converged: yes

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 27.4087 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Residual Friction Angle: 27.4087 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: DEPOSITI ALLUVIONALI
Peak friction angle: 25.6866 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 25.6866 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 16.6595 degrees
Peak cohesion: 11.8519 kPa
Residual Friction Angle: 16.6595 degrees
Residual Cohesion: 11.8519 kPa

Strength Reduction Factor: 1.1
Converged: yes
Material: MATERIALE INERTE
Peak friction angle: 26.9813 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 26.9813 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: DEPOSITI ALLUVIONALI
Peak friction angle: 25.2783 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 25.2783 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 16.373 degrees
Peak cohesion: 11.6364 kPa
Residual Friction Angle: 16.373 degrees
Residual Cohesion: 11.6364 kPa

Critical Strength Reduction Factor: 1.11
Converged: yes
Material: MATERIALE INERTE
Peak friction angle: 26.7723 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 26.7723 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: DEPOSITI ALLUVIONALI
Peak friction angle: 25.0787 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 25.0787 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 16.2333 degrees
Peak cohesion: 11.5315 kPa
Residual Friction Angle: 16.2333 degrees
Residual Cohesion: 11.5315 kPa

Strength Reduction Factor: 1.12
Converged: no
Material: MATERIALE INERTE
Peak friction angle: 26.5662 degrees
Peak cohesion: 0kPa
Residual Friction Angle: 26.5662 degrees

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Peak friction angle: 24.882 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 24.882 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: TERRENO VEGETALE

Peak friction angle: 16.0959 degrees

Peak cohesion: 11.4286 kPa

Residual Friction Angle: 16.0959 degrees

Residual Cohesion: 11.4286 kPa

Strength Reduction Factor: 1.25

Converged: no

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 24.1334 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 24.1334 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Peak friction angle: 22.5661 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 22.5661 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: TERRENO VEGETALE

Peak friction angle: 14.4962 degrees

Peak cohesion: 10.24 kPa

Residual Friction Angle: 14.4962 degrees

Residual Cohesion: 10.24 kPa

Strength Reduction Factor: 1.5

Converged: no

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 20.4732 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 20.4732 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Peak friction angle: 19.1013 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 19.1013 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: TERRENO VEGETALE

Peak friction angle: 12.1588 degrees

Peak cohesion: 8.53333 kPa

Residual Friction Angle: 12.1588 degrees

Residual Cohesion: 8.53333 kPa

Yielded Elements

Yielded Mesh Elements

Number of yielded mesh elements on Stage 1: 81

Number of yielded mesh elements on Stage 2: 88

Number of yielded mesh elements on Stage 3: 97

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'		<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

Number of yielded mesh elements on Stage 4: 128
Number of yielded mesh elements on Stage 5: 138
Number of yielded mesh elements on Stage 6: 159
Number of yielded mesh elements on Stage 7: 193
Number of yielded mesh elements on Stage 8: 232
Number of yielded mesh elements on Stage 9: 270
Number of yielded mesh elements on Stage 10: 305
Number of yielded mesh elements on Stage 11: 336
Number of yielded mesh elements on Stage 12: 350
Number of yielded mesh elements on Stage 13: 420

11.3 Sezione 2 –post operam- tabulato input

Project Settings

General

Project Title: Project1
Number of Stages: 11
Analysis Type: Plane Strain
Solver Type: Gaussian Elimination
Units: Metric, stress as kPa

Stress Analysis

Maximum Number of Iterations: 500
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: 143.855
maxx: 232.544
miny: 30.6984
maxy: 63.9818
Accelerate SSR Analysis: Yes
Convergence Parameters: Automatic

Seismic Loading

Horizontal seismic load coefficient: -0.119 (positive to the right)
Vertical seismic load coefficient: -0.0177 (positive up)
Seismic load applied in: Stage 11

Mesh

Mesh type: uniform
Element type: 3 noded triangles

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Number of elements on Stage 1: 1858
Number of nodes on Stage 1: 990
Number of elements on Stage 2: 2042
Number of nodes on Stage 2: 1080
Number of elements on Stage 3: 2190
Number of nodes on Stage 3: 1153
Number of elements on Stage 4: 2227
Number of nodes on Stage 4: 1171
Number of elements on Stage 5: 2340
Number of nodes on Stage 5: 1227
Number of elements on Stage 6: 2432
Number of nodes on Stage 6: 1274
Number of elements on Stage 7: 2507
Number of nodes on Stage 7: 1312
Number of elements on Stage 8: 2563
Number of nodes on Stage 8: 1341
Number of elements on Stage 9: 2586
Number of nodes on Stage 9: 1353
Number of elements on Stage 10: 2589
Number of nodes on Stage 10: 1355
Number of elements on Stage 11: 2589
Number of nodes on Stage 11: 1355

Reset Displacements

Displacements reset after: Stage 1

Material Properties

Material: MATERIALE INERTE

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 19 kN/m³

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 30000 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

Piezo to use: None

Ru value: 0

Custom Field Stress:

Field stress: gravity

Ground surface elevation: 0 m

Unit weight of overburden: 27 kN/m³

Effective stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 0.43

Effective stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 0.43

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

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

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 19 kN/m³

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 15000 kPa

Poisson's ratio: 0.32

Failure criterion: Mohr-Coulomb

Tensile strength: 0 kPa

Peak friction angle: 27.45 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Material type: Plastic

Dilation Angle: 0 degrees

Residual Friction Angle: 27.45 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Piezo to use: None

Ru value: 0

Custom Field Stress:

Field stress: gravity

Ground surface elevation: 0 m

Unit weight of overburden: 27 kN/m³

Effective stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 0.46

Effective stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 0.46

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

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

Material: TERRENO VEGETALE

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 18 kN/m³

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 2500 kPa

Poisson's ratio: 0.32

Failure criterion: Mohr-Coulomb

Tensile strength: 0 kPa

Peak friction angle: 17.91 degrees

Peak cohesion: 12.8 kPa

Material type: Plastic

Dilation Angle: 0 degrees

Residual Friction Angle: 17.91 degrees

Residual Cohesion: 12.8 kPa

Piezo to use: None

Ru value: 0

Custom Field Stress:

Field stress: gravity

Ground surface elevation: 0 m

Unit weight of overburden: 27 kN/m³

Effective stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 0.626

Effective stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 0.626

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

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

Material: DEPOSITI IN ALVEO

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 19 kN/m³

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 15000 kPa

Poisson's ratio: 0.3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 26.56 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 26.56 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0
Custom Field Stress:
Field stress: gravity
Ground surface elevation: 0 m
Unit weight of overburden: 27 kN/m³
Effective stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 0.47
Effective stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 0.47
Locked-in horizontal stress (in-plane): 0
Locked-in horizontal stress (out-of-plane): 0

Areas of Excavated and Filled Elements

Stage 2

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 705.808 m²

Stage 3

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 546.734 m²

Stage 4

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 149.058 m²

Stage 5

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 364.182 m²

Stage 6

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 301.643 m²

Stage 7

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 247.214 m²

Stage 8

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 164.438 m²

Stage 9

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 67.569 m²

Stage 10

Material: MATERIALE INERTE, Area Filled: 9.041 m²

Excavation Areas

Original Un-deformed Areas

External Boundary Area: 12427.605 m²

External Boundary Perimeter: 628.221 m

Stage 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

External Boundary Area: 12427.605 m² (0 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.221 m (0 m change from original perimeter)

Stage 2

External Boundary Area: 12426.975 m² (-0.630022 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.218 m (-0.00329869 m change from original perimeter)

Stage 3

External Boundary Area: 12425.589 m² (-2.01601 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.186 m (-0.0357824 m change from original perimeter)

Stage 4

External Boundary Area: 12423.865 m² (-3.73982 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.194 m (-0.0270374 m change from original perimeter)

Stage 5

External Boundary Area: 12420.933 m² (-6.67168 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.194 m (-0.0272653 m change from original perimeter)

Stage 6

External Boundary Area: 12418.822 m² (-8.78338 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.234 m (0.0130101 m change from original perimeter)

Stage 7

External Boundary Area: 12417.358 m² (-10.2467 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.260 m (0.0382565 m change from original perimeter)

Stage 8

External Boundary Area: 12414.178 m² (-13.427 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.270 m (0.0489939 m change from original perimeter)

Stage 9

External Boundary Area: 12412.026 m² (-15.5793 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.292 m (0.0706845 m change from original perimeter)

Stage 10

External Boundary Area: 12411.657 m² (-15.9482 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.287 m (0.0658399 m change from original perimeter)

Stage 11

External Boundary Area: 12406.614 m² (-20.9905 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 628.211 m (-0.0104574 m change from original perimeter)

List of All Coordinates

External boundary

11.751 34.815
11.751 -0.065
279.437 -0.065
279.437 42.497
279.440 43.565
274.199 43.512
266.400 43.602
264.746 44.688
262.564 46.120

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

258.503	46.120
256.082	47.710
251.496	50.722
249.366	52.120
234.639	52.120
229.454	53.777
221.354	55.544
215.099	56.814
212.723	57.966
208.538	58.120
204.535	56.840
195.226	53.864
190.185	52.252
177.859	52.120
174.965	50.915
167.804	47.933
163.450	46.120
146.178	45.756
143.671	46.185
120.690	44.485
94.567	44.079
78.886	42.051
55.395	39.013
46.075	37.807
35.648	43.817
35.648	44.250
34.648	44.250
34.648	40.676
11.751	37.267

Stage boundary

114.585	39.013
55.395	39.013

Stage boundary

117.912	42.051
78.886	42.051

Stage boundary

269.226	38.677
162.904	38.944

Stage boundary

273.126	42.512
159.837	41.953



Stage boundary

264.746	44.688
150.736	44.976

Stage boundary

256.082	47.710
167.804	47.933

Stage boundary

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

251.496 50.722
174.965 50.915

Stage boundary

229.454 53.777
195.226 53.864

Stage boundary

215.099 56.814
204.535 56.840

Material boundary

11.751 34.815
18.325 35.179
30.079 36.628
34.648 37.799

Material boundary

49.200 36.003
90.535 36.070
113.471 37.912
114.585 39.013
115.697 40.112
117.912 42.051
120.690 44.485

Material boundary

46.075 37.807
49.200 36.003

Material boundary

49.200 36.003
55.651 30.805
78.002 28.703
106.164 29.856
113.471 37.912

Material boundary

117.912 42.051
159.837 41.953
162.904 38.944
166.557 35.474
189.178 35.991
206.406 36.486
226.497 35.424
265.739 35.223
269.226 38.677
273.126 42.512
274.199 43.512

Material boundary

159.837 41.953
156.813 44.104
154.954 44.104
150.736 44.976

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

146.178 45.756

Material boundary

279.437 42.497

273.126 42.512

Material boundary

34.648 40.676

34.648 37.799

34.648 37.103

35.648 37.103

35.648 43.817

SSR Search Area

143.855 30.698

232.544 30.698

232.544 63.982

143.855 63.982

11.4 Sezione 2 –post operam- tabulato output

Shear Strength Reduction - Material Properties

Strength Reduction Factor: 1

Converged: yes

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 29.25 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 29.25 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Peak friction angle: 27.45 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 27.45 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: TERRENO VEGETALE

Peak friction angle: 17.91 degrees

Peak cohesion: 12.8 kPa

Residual Friction Angle: 17.91 degrees

Residual Cohesion: 12.8 kPa

Material: DEPOSITI IN ALVEO

Peak friction angle: 26.56 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 26.56 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 1.5

Converged: yes

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 20.4732 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 20.4732 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Peak friction angle: 19.1013 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 19.1013 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 12.1588 degrees
Peak cohesion: 8.53333 kPa
Residual Friction Angle: 12.1588 degrees
Residual Cohesion: 8.53333 kPa
Material: DEPOSITI IN ALVEO
Peak friction angle: 18.4312 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 18.4312 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: CLS
elastic material - no strength reduction

Strength Reduction Factor: 2
Converged: yes
Material: MATERIALE INERTE
Peak friction angle: 15.643 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 15.643 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: DEPOSITI ALLUVIONALI
Peak friction angle: 14.5597 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 14.5597 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 9.17919 degrees
Peak cohesion: 6.4 kPa
Residual Friction Angle: 9.17919 degrees
Residual Cohesion: 6.4 kPa
Material: DEPOSITI IN ALVEO
Peak friction angle: 14.0333 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 14.0333 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 2.01
Converged: yes
Material: MATERIALE INERTE
Peak friction angle: 15.5689 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 15.5689 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: DEPOSITI ALLUVIONALI
Peak friction angle: 14.4903 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 14.4903 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 9.1343 degrees
Peak cohesion: 6.36816 kPa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Residual Friction Angle: 9.1343 degrees
Residual Cohesion: 6.36816 kPa
Material: DEPOSITI IN ALVEO
Peak friction angle: 13.9662 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 13.9662 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Critical Strength Reduction Factor: 2.02

Converged: yes
Material: MATERIALE INERTE
Peak friction angle: 15.4956 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 15.4956 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: DEPOSITI ALLUVIONALI
Peak friction angle: 14.4216 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 14.4216 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 9.08983 degrees
Peak cohesion: 6.33663 kPa
Residual Friction Angle: 9.08983 degrees
Residual Cohesion: 6.33663 kPa
Material: DEPOSITI IN ALVEO
Peak friction angle: 13.8997 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 13.8997 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 2.03

Converged: no
Material: MATERIALE INERTE
Peak friction angle: 15.4229 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 15.4229 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: DEPOSITI ALLUVIONALI
Peak friction angle: 14.3535 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 14.3535 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 9.0458 degrees
Peak cohesion: 6.30542 kPa
Residual Friction Angle: 9.0458 degrees
Residual Cohesion: 6.30542 kPa
Material: DEPOSITI IN ALVEO
Peak friction angle: 13.8339 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 13.8339 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 2.05

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Converged: no

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 15.2795 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 15.2795 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Peak friction angle: 14.2191 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 14.2191 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: TERRENO VEGETALE

Peak friction angle: 8.95898 degrees

Peak cohesion: 6.2439 kPa

Residual Friction Angle: 8.95898 degrees

Residual Cohesion: 6.2439 kPa

Material: DEPOSITI IN ALVEO

Peak friction angle: 13.7041 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 13.7041 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 2.12

Converged: no

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 14.7974 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 14.7974 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Peak friction angle: 13.7678 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 13.7678 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: TERRENO VEGETALE

Peak friction angle: 8.66774 degrees

Peak cohesion: 6.03774 kPa

Residual Friction Angle: 8.66774 degrees

Residual Cohesion: 6.03774 kPa

Material: DEPOSITI IN ALVEO

Peak friction angle: 13.2678 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Residual Friction Angle: 13.2678 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 2.25

Converged: no

Material: MATERIALE INERTE

Peak friction angle: 13.977 degrees

Peak cohesion: 0 kPa


Residual Friction Angle: 13.977 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Material: DEPOSITI ALLUVIONALI

Peak friction angle: 13.0001 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA5 - RELAZIONE GEOTECNICA E VERIFICHE DI STABILITA'	<i>Codice documento</i> CG1400PRBVCCZC4SD22000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

Residual Friction Angle: 13.0001 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 8.1739 degrees
Peak cohesion: 5.68889 kPa
Residual Friction Angle: 8.1739 degrees
Residual Cohesion: 5.68889 kPa
Material: DEPOSITI IN ALVEO
Peak friction angle: 12.5261 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 12.5261 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Strength Reduction Factor: 2.5
Converged: no
Material: MATERIALE INERTE
Peak friction angle: 12.6264 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 12.6264 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: DEPOSITI ALLUVIONALI
Peak friction angle: 11.7381 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 11.7381 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Material: TERRENO VEGETALE
Peak friction angle: 7.36598 degrees
Peak cohesion: 5.12 kPa
Residual Friction Angle: 7.36598 degrees
Residual Cohesion: 5.12 kPa
Material: DEPOSITI IN ALVEO
Peak friction angle: 11.3075 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Residual Friction Angle: 11.3075 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa

Yielded Elements

Yielded Mesh Elements

Number of yielded mesh elements on Stage 1: 60
Number of yielded mesh elements on Stage 2: 80
Number of yielded mesh elements on Stage 3: 84
Number of yielded mesh elements on Stage 4: 84
Number of yielded mesh elements on Stage 5: 90
Number of yielded mesh elements on Stage 6: 111
Number of yielded mesh elements on Stage 7: 164
Number of yielded mesh elements on Stage 8: 204
Number of yielded mesh elements on Stage 9: 247
Number of yielded mesh elements on Stage 10: 253
Number of yielded mesh elements on Stage 11: 482