



# 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 Dott. Ing. F. Colla Ordine Ingegneri Milano n° 20355 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>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></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p>INFRASTRUTTURA FERROVIARIA OPERE CIVILI</p> <p>LINEA FERROVIARIA DA OPERA DI ATTRAVERSAMENTO A STAZIONE DI ME</p> <p>SOTTOSTAZIONE ELETTRICA</p> <p>PARATIA – RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</p>	<p>SF0262_F0</p>
---	---	------------------

CODICE

C G 0 7 0 0 P C L D S F C L 2 P M 0 0 0 0 0 0 0 5 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	DAM S.P.A.	F.BERTONI	F.COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE.....	3
PREMESSA.....	6
1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	7
3 CARATTERISTICHE MATERIALI .....	8
3.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER DIAFRAMMI .....	8
3.2 ACCIAIO PER CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO .....	8
3.3 COPRIFERRO.....	8
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA .....	8
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	8
4.1.1 ESECUZIONE DEI DIAFRAMMI.....	9
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	12
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ DEL LUOGO .....	24
4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE.....	30
4.4.1 VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI .....	31
4.4.2 STATI LIMITE ULTIMI: COMBINAZIONE DELLE AZIONI.....	34
4.4.3 STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMBINAZIONE DELLE AZIONI.....	35
4.4.4 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN C.A. ....	35
4.4.4.1 Verifica a pressoflessione – SLU .....	35
4.4.4.2 Verifica a pressoflessione – SLE .....	36
4.4.4.3 Verifica a fessurazione .....	36
4.4.4.4 Verifica a taglio.....	36
5 ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	38
6 ANALISI PARATIA.....	39
6.1 ANALISI DEI CARICHI .....	39
6.2 MODELLO DI CALCOLO .....	42
6.2.1 PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO: PARATIE PLUS 2010 .....	42
6.2.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	42
6.2.2.1 Geometria del problema.....	43
6.2.2.2 Fasi tipiche dell'analisi.....	45
6.2.2.3 La simulazione di un reinterro .....	46

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.2.2.4	L'applicazione di tiranti o di puntoni .....	47
6.2.2.5	Applicazione di carichi esterni e vincoli .....	48
6.3	VERIFICA DELLA PARATIA .....	48
6.3.1	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO: .....	49
6.3.2	VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO (GEO): .....	55
6.3.3	VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO (STR): .....	61
7	TABULATI DI CALCOLO PARATIA .....	69



**Ponte sullo Stretto di Messina**  
PROGETTO DEFINITIVO

SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

*Codice documento*  
SF0262\_F0

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente opera si inserisce nell'ambito del Progetto Definitivo del "PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA" che deriva dal progetto preliminare dell'Opera di Attraversamento derivante a sua volta direttamente dal Progetto di Massima ultimato nel dicembre 1992 in osservanza alla legge speciale 1158/71, approvato in Assemblea Generale dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto n° 220 del 10.10.1997 e successivamente esaminato nel 2000 dagli advisor Steinman International – Parsons Transportation Group e Price Waterhouse Coopers, su delibera del CIPE e conseguente incarico affidato dal Ministero dei Lavori Pubblici di concerto con quello del Tesoro del Bilancio e della P.E.. Inoltre il Progetto Definitivo della linea FS in Calabria sviluppa il progetto preliminare redatto da Stretto di Messina ed approvato dal CIPE con delibera n.66 del 01/08/2003 tenendo conto anche delle prescrizioni allegate a tale delibera.

In particolare la presente relazione di calcolo si riferisce alla paratia posizionata nei pressi della sottostazione elettrica del posto di manutenzione ubicato alla progressiva 5+500 circa.

### 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le verifiche vengono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite, tenendo conto delle vigenti disposizioni normative ed, in particolare:

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 – 20 marzo 2003: Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – Individuazione, formazione e aggiornamento *degli elenchi nelle medesime zone*;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 – 20 marzo 2003: Norme per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni.
- D.M. 14/09/2005 "Norme tecniche per le costruzioni"
- D.M. 14 gennaio 2008: Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- EN 1990:2002 Eurocode - Basis of structural design
- EN 1991-1-1:2002 Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings
- EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- UNI ENV 1993-5 – Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio;
- EN 1997-1:2004 Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules
- EN 1997-2:2007 Eurocode 7 - Geotechnical design - Part 2: Ground Eurocode 7 - Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing
- EN 1998-1:2004 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings
- Associazione Geotecnica Italiana – 1977 Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche
- Associazione Geotecnica Italiana – 1984 Raccomandazioni sui pali di fondazione
- Associazione Geotecnica Italiana – 1994 Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- Istruzione Ponti: Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari
- Istruzione 44 A: Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, l'esecuzione, il collaudo di cavalcavia e passerelle pedonali sovrappassanti la linea ferroviaria
- Istruzione 44 B Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica
- Istruzione 44 C Visite di controllo ai ponti, alle gallerie ed alle altre opere d'arte del corpo stradale. Frequenza, modalità e relative verbalizzazioni
- Istruzione 44 D Impalcati ferroviari realizzati con travi in acciaio incorporate nel calcestruzzo
- Istruzione 44 F Verifica a fatica dei ponti ferroviari
- Istruzione 44 G istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche Per le costruzioni di cui al d.m. 14.01.08 alla Progettazione geotecnica delle opere ferroviarie

## 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- R. Lancellotta, Geotecnica, Ed. Zanichelli, 1993;
- P. Pozzati, Teoria e tecnica delle strutture - Volume I, Ed. UTET, 1980;
- J. E. Bowles, Fondazioni, Ed. Mc-Graw-Hill, 1998;
- M. Bustamate e B. Doix, Une Méthode pour la calcul des Tirants et des Microppieux injectés, 1985;
- P. Colombo, Elementi di geotecnica, Ed. Zanichelli, 1974;
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, 1984;
- Comparison of geotechnic softwares – Geo Fem, Plaxis, Z-Soil. XIII ECSMGE
- R. Lancellotta e J. Calavera, Fondazioni, Ed. Mc-Graw-Hill, 1999;
- C. Viggiani, Fondazioni, Ed. Cuen, 1993.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- AICAP – La corrosione nel calcestruzzo

### **3 CARATTERISTICHE MATERIALI**

#### **3.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER DIAFRAMMI**

- Classe di esposizione ambientale: XC2 (UNI 11104 e UNI EN 206-1)
- Classe di resistenza: CLASSE C25/30
- Rapporto A/C massimo: 0,55
- Classe di consistenza: S4
- Diametro massimo degli aggregati: 32 mm

#### **3.2 ACCIAIO PER CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO**

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

- Tensione di snervamento caratteristica:  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura:  $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo:  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma = 450/1,15 = 391,30 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione caratteristica al carico massimo:  $\epsilon_{uk} = 7,5 \%$
- Deformazione di progetto:  $\epsilon_{ud} = 6,75 \%$

#### **3.3 COPRIFERRO**


- Copriferro minimo ( $C_{min}$ ) = 50 mm

### **4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA**

#### **4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA**

La struttura oggetto della presente relazione è l'opera di contenimento del posto di manutenzione cui viene demandato il compito di contenere il pendio rimodellato che degrada dalla galleria



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

artificiale S. Cecilia.

Si è optato per mantenere continuità nelle tipologie strutturali rispetto alle altre opere di contenimento previste; pertanto saranno adottati diaframmi larghi 2.5 m e aventi spessore di 1.2m. In questo caso i diaframmi saranno solidarizzati tra di loro prevedendo la realizzazione di una trave di coronamento.

L'altezza massima del manufatto, comprensiva dello spessore della trave, è di 5 m fuori terra. Al fine di contenere gli spostamenti orizzontali dell'opera ed il rispetto di tutte le verifiche previste, l'altezza complessiva dei diaframmi è di 15 m. A tergo della struttura il versante è modellato con delle scarpate di pendenza massima 3 su 2.

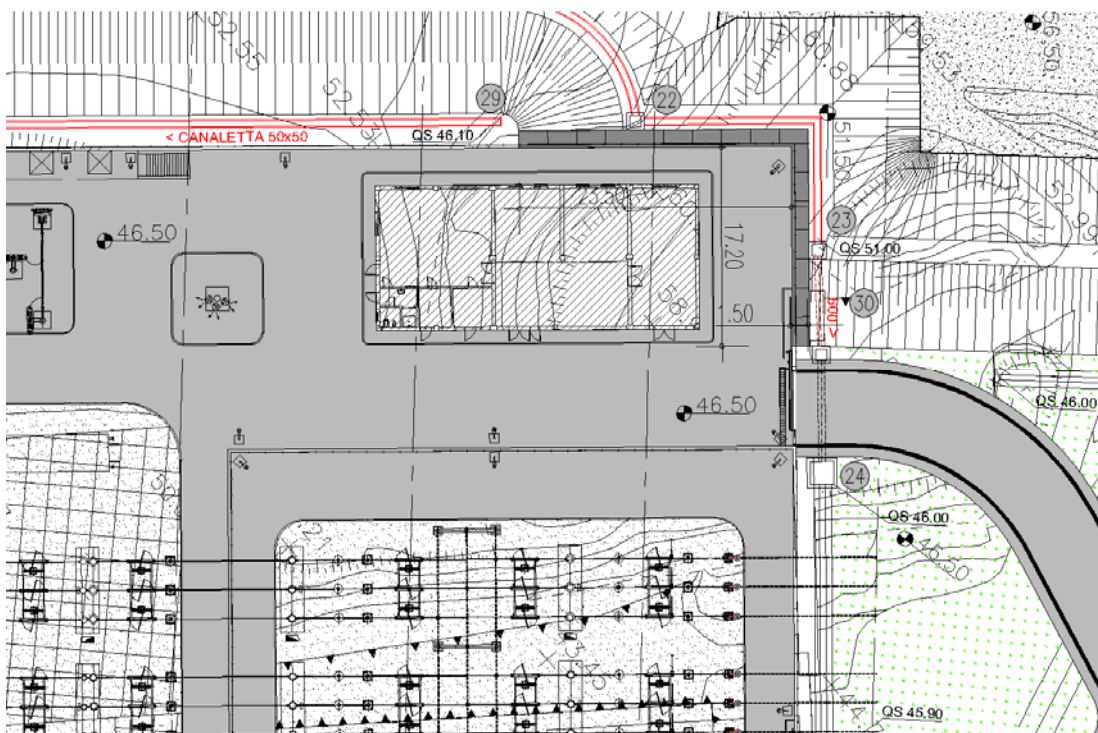


Figura 1 – stralcio planimetrico intervento

#### 4.1.1 ESECUZIONE DEI DIAFRAMMI

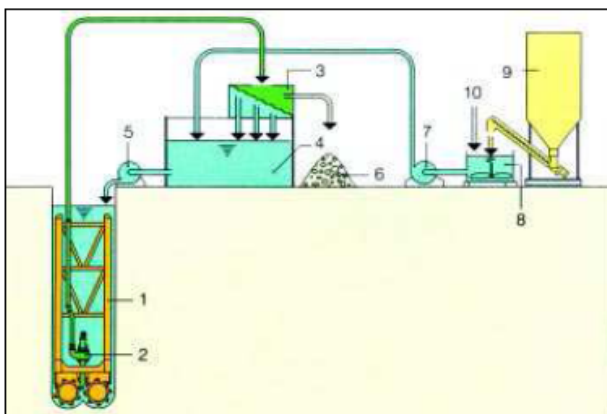
Analogamente alle altre opere simili alla presente, previste nel posto di manutenzione, si prevede l'impiego di idrofresa per l'esecuzione dei diaframmi.

Lo scavo con idrofresa prevede la rimozione continua del terreno dal fondo dello scavo tramite una testa fresante che riduce il materiale in una pezzatura tale da poter essere pompato in superficie,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dopo essere stato mescolato alla sospensione bentonitica che riempie lo scavo in via di esecuzione e che lo sostiene in fase esecutiva.

Il fango bentonitico, carico del materiale di smarino, viene pompato ad una unità di dissabbiamento posta in superficie e rientra nel circolo.



1. Idrofresa	6. Materiale scavato
2. Pompa aspirazione fanghi	7. Pompa centrifuga
3. Dissabbiatore	8. Mixer bentonite
4. Contenitore fanghi	9. Silos bentonite
5. Pompa centrifuga	10. Acqua

Tutte le altre operazioni (calaggio delle gabbie di armatura e getto del calcestruzzo) vengono eseguite analogamente a quanto avviene nel caso di scavo tradizionale con benna mordente.

I vantaggi che è possibile acquisire attraverso lo scavo con idrofresa sono sintetizzabili nei seguenti aspetti:

- velocità di esecuzione;
- controllo della verticalità (tenuta idraulica, regolarità delle strutture interne, sicurezza nei confronti di venute d'acqua improvvise);
- possibilità di evitare water-stop o altri giunti impermeabilizzanti;
- possibilità di superare facilmente strati litoidi o eventuali murature;
- migliore stabilità delle pareti dello scavo, grazie all'assenza dell'effetto pistone;
- assenza di vibrazioni.

Nel seguito si descrivono brevemente le principali componenti del sistema.

#### Testa di scavo:

Il cuore del sistema idrofresa è costituito dalla testa di scavo, essa consiste in una struttura di acciaio con sezione orizzontale circa coincidente con quella del pannello da realizzare e altezza superiore a 10 m circa. Nella parte inferiore di tale struttura trovano posto le ruote fresanti, che ruotano attorno ad un asse orizzontale e sono azionate da riduttori idraulici indipendenti (in modo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

da consentire possibilità di manovra all'operatore).

Il terreno rimosso dalle teste fresanti si mescola con il fango bentonitico presente nello scavo (a cui è demandata la funzione di supporto, durante lo scavo stesso) e viene aspirato da una scatola di aspirazione, dalla quale viene portato in superficie attraverso specifiche tubature idrauliche.

Il sistema dispone di una elevata flessibilità, potendosi adattare a terreni di ogni natura: le ruote possono infatti essere attrezzate con cutter da roccia dura, roccia tenera, terreni granulari e anche argillosi; una accurata scelta dei taglienti consente di attraversare strati anche molto differenti tra loro senza alcun tipo di ripercussione su velocità di avanzamento e precisione del taglio.

Inoltre, è possibile adattare la testa a differenti dimensioni dello scavo, attraverso la sostituzione delle ruote fresanti e la modifica della struttura di supporto.

#### Attrezzatura esterna:

Sistema di guida dei condotti idraulici: per mantenere sempre in tensione i tubi idraulici il metodo classico (HTS Hose Tensioning System) prevede due ruote ad argano guidate, la cui corsa deve essere circa la metà della profondità di scavo; è quindi richiesta una gru con braccio di altezza importante; i più moderni sistemi di avvolgimento dei tubi by-passano tale problema, consentendo profondità di scavo anche superiori a 100 m con ingombri della macchina accettabili e con una antenna dell'ordine di 10-15 m.

#### Carro cingolato:

Le caratteristiche del carro possono essere anche molto differenti, in funzione della scelta del sistema di guida dei condotti idraulici (sopra descritta) e della scelta di posizionamento dei gruppi di potenza idraulica, che possono essere a bordo del carro o a terra.

#### Impianto fanghi:

Il fango bentonitico carico di terreno scavato viene inviato all'impianto di dissabbiamento, dove le particelle solide vengono rimosse; la bentonite viene rimessa in circolo e rinviata all'interno dello scavo.

La portata e la capacità di dissabbiamento dell'impianto devono essere dimensionate in funzione del tipo di terreno e delle produzioni previste; ove necessario è possibile utilizzare impianti modulari, per meglio adattare la capacità di dissabbiamento alle caratteristiche della fresa. Per le sue dimensioni e la sua importanza per il corretto funzionamento del sistema, l'impianto fanghi rappresenta il componente più importante dell'impianto tecnologico complessivo, assieme alla testa fresante.

#### Sistema di controllo:

L'intero sistema viene controllato da un unico operatore; all'interno della cabina di comando

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

convergono le seguenti informazioni relative alle procedure di scavo ed alla macchina:



- pressioni idrauliche;
- profondità dello scavo;
- velocità di rotazione delle ruote fresanti;
- portata della pompa di smarino;
- deviazione dalla verticale, sui due assi orizzontali, attuale e tendenziale;
- tempo e velocità di scavo.

Tutti i parametri, oltre ad essere visibili all'operatore, vengono registrati e possono entrare a far parte del report di scavo.

## **4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO**

Per la caratterizzazione dei terreni sui quali insistono queste opere, ci si è basati sui dati desunti dalle numerose campagne di indagine che si sono susseguite negli anni, nonché sulle prove di laboratorio che hanno consentito la stima dei parametri geotecnici che caratterizzano le varie litologie.

In primo luogo si riporta uno stralcio del profilo geologico della zona di interesse (tratto dall'elaborato CG0800PF6DSSBC6TF00000005).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

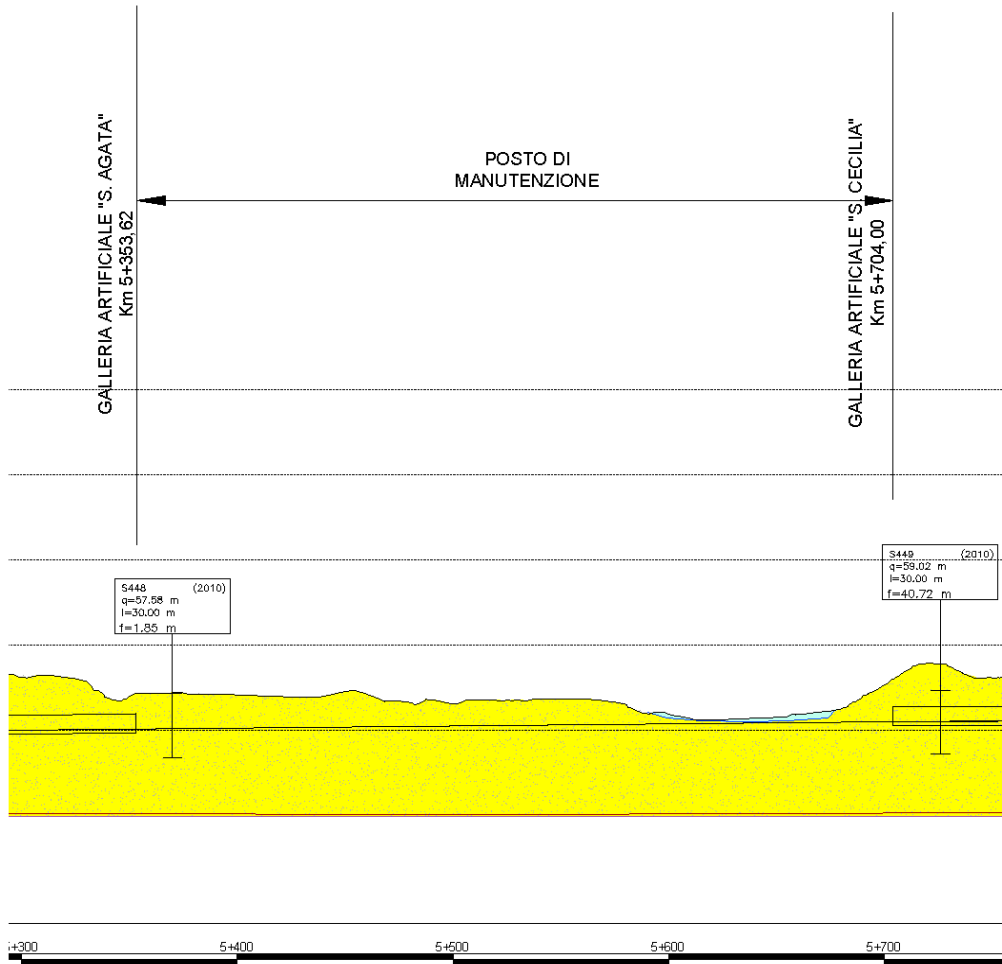
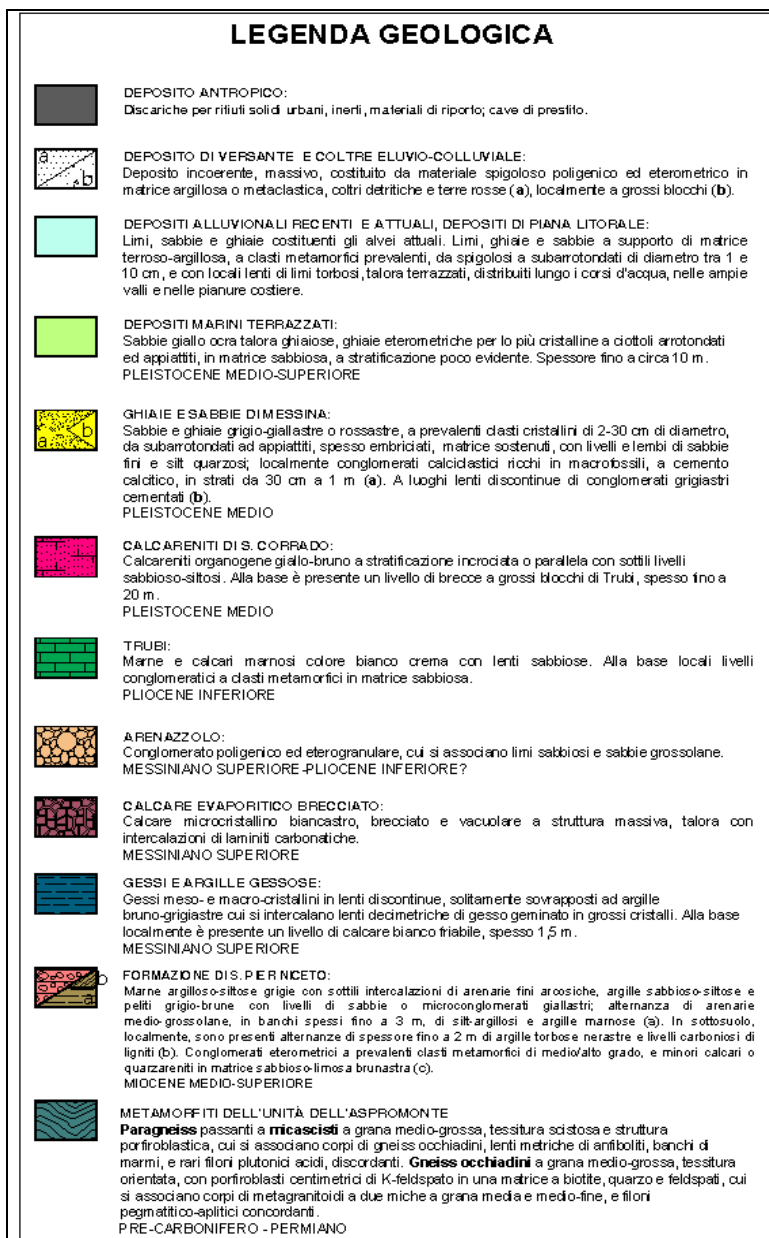


Figura 2 - profilo geologico-geotecnico



**Figura 3 – legenda tratta dal profilo geologico-geotecnico**

Oltre al profilo geologico sono state considerate anche le colonne di sondaggio eseguite nell'intorno di questo tratto (S447, S448 e S449), che confermano sia la presenza dello strato sopra citato, sia la bontà del materiale classificato. A dimostrazione di ciò è anche il fatto che, allo stato attuale, la posizione individuata per la realizzazione del posto di manutenzione è sede di una cava per l'estrazione di inerti da costruzione.



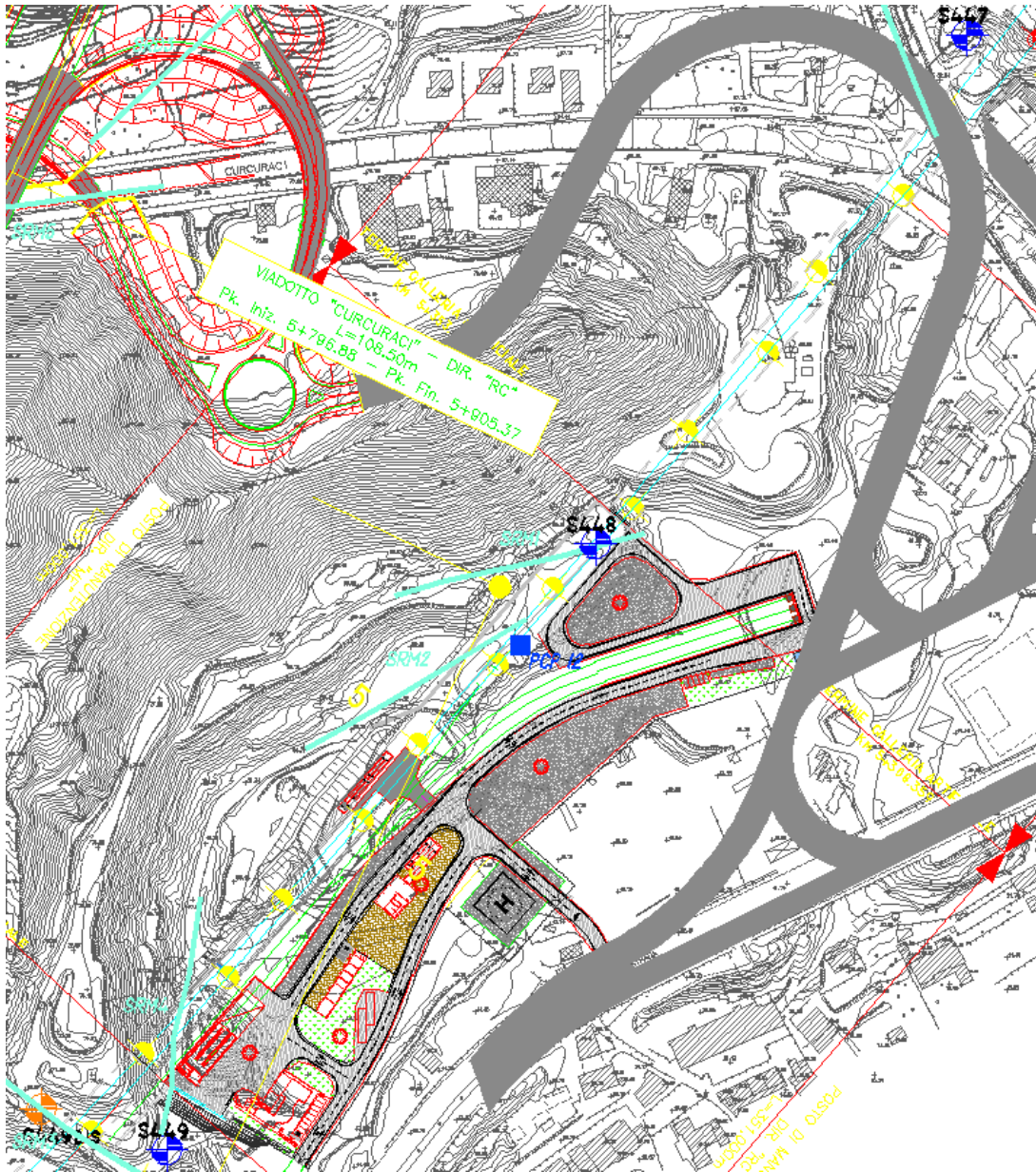


Figura 4– stralcio planimetrico del posizionamento dei sondaggi

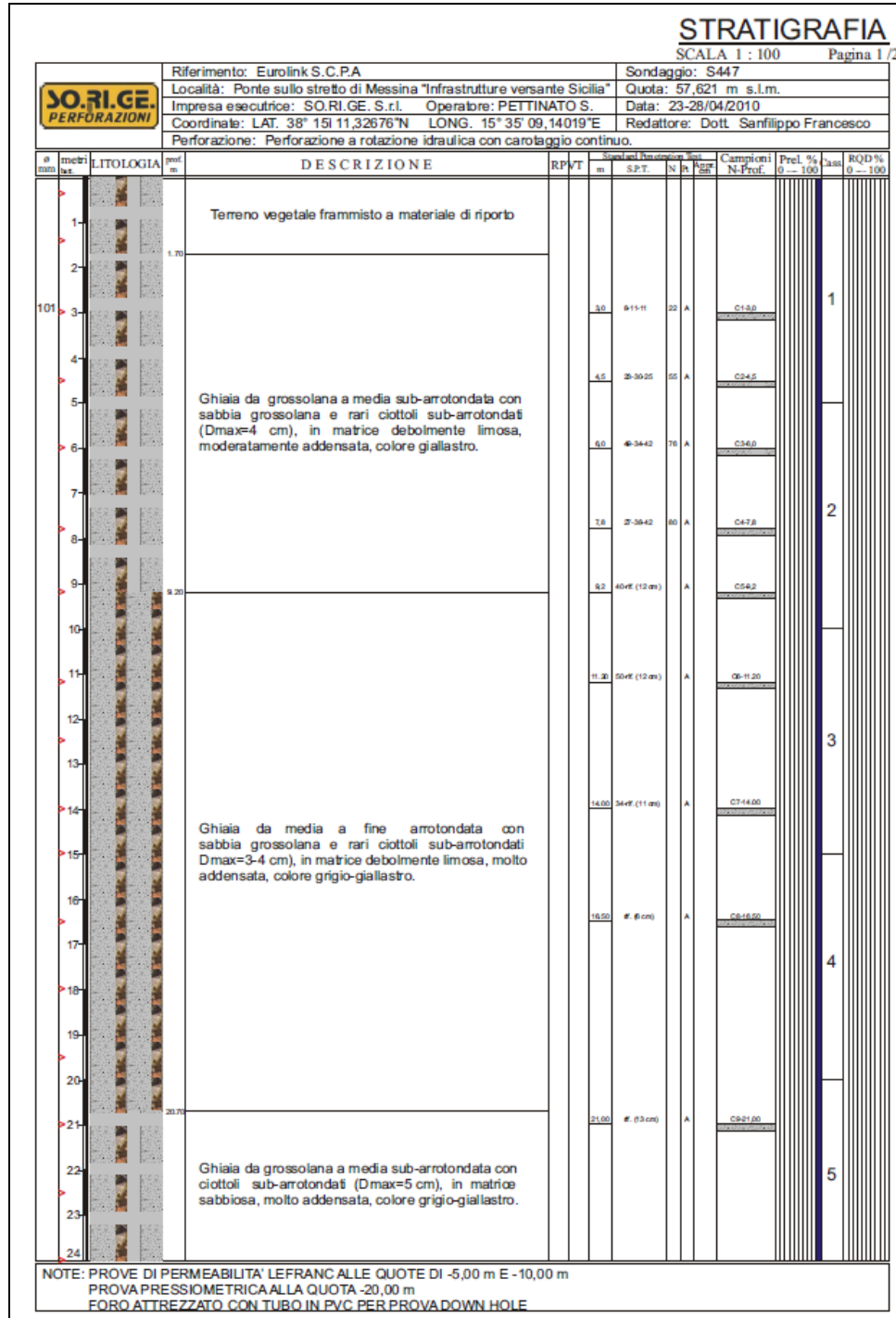


Figura 5 – S447



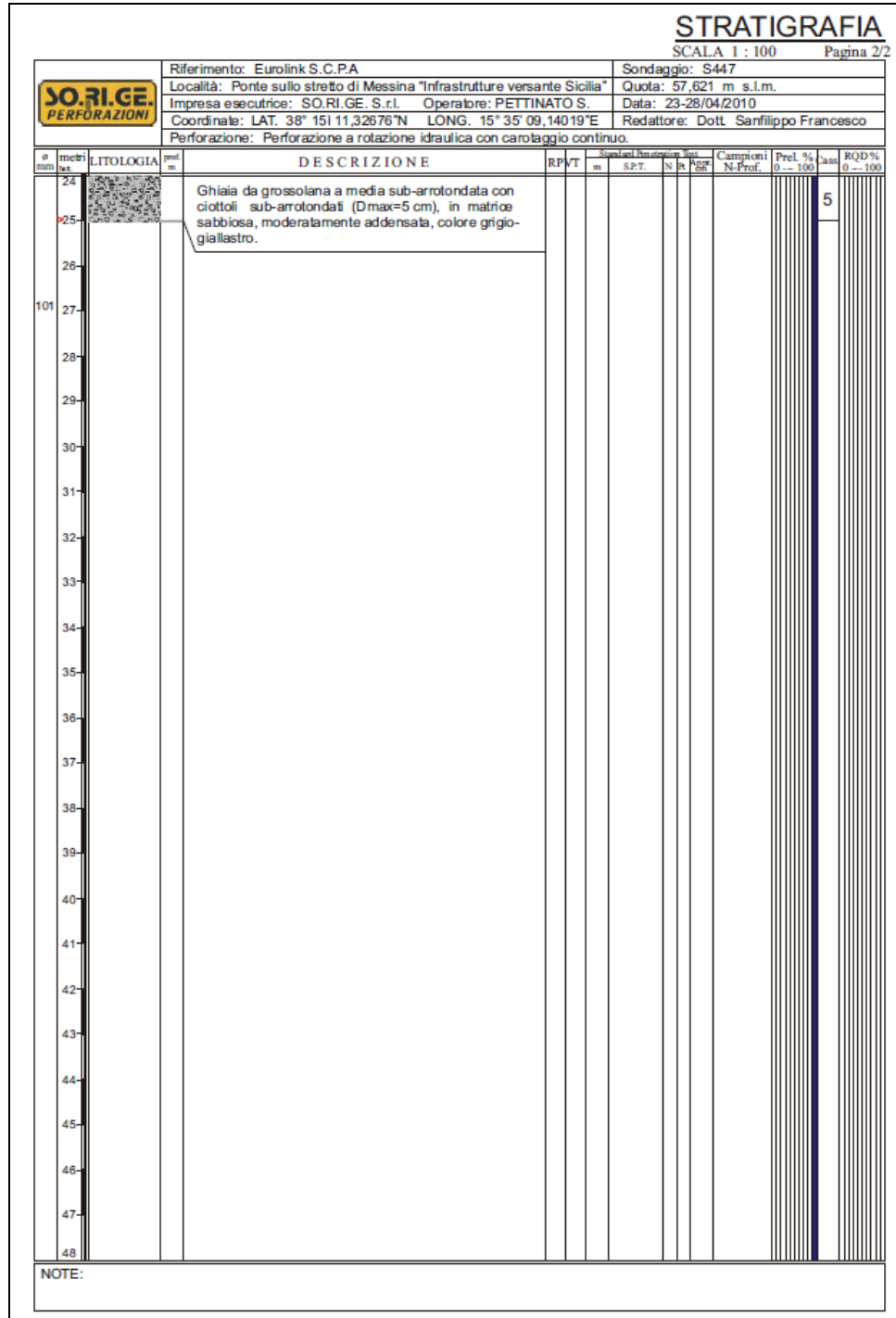


Figura 6 – S447

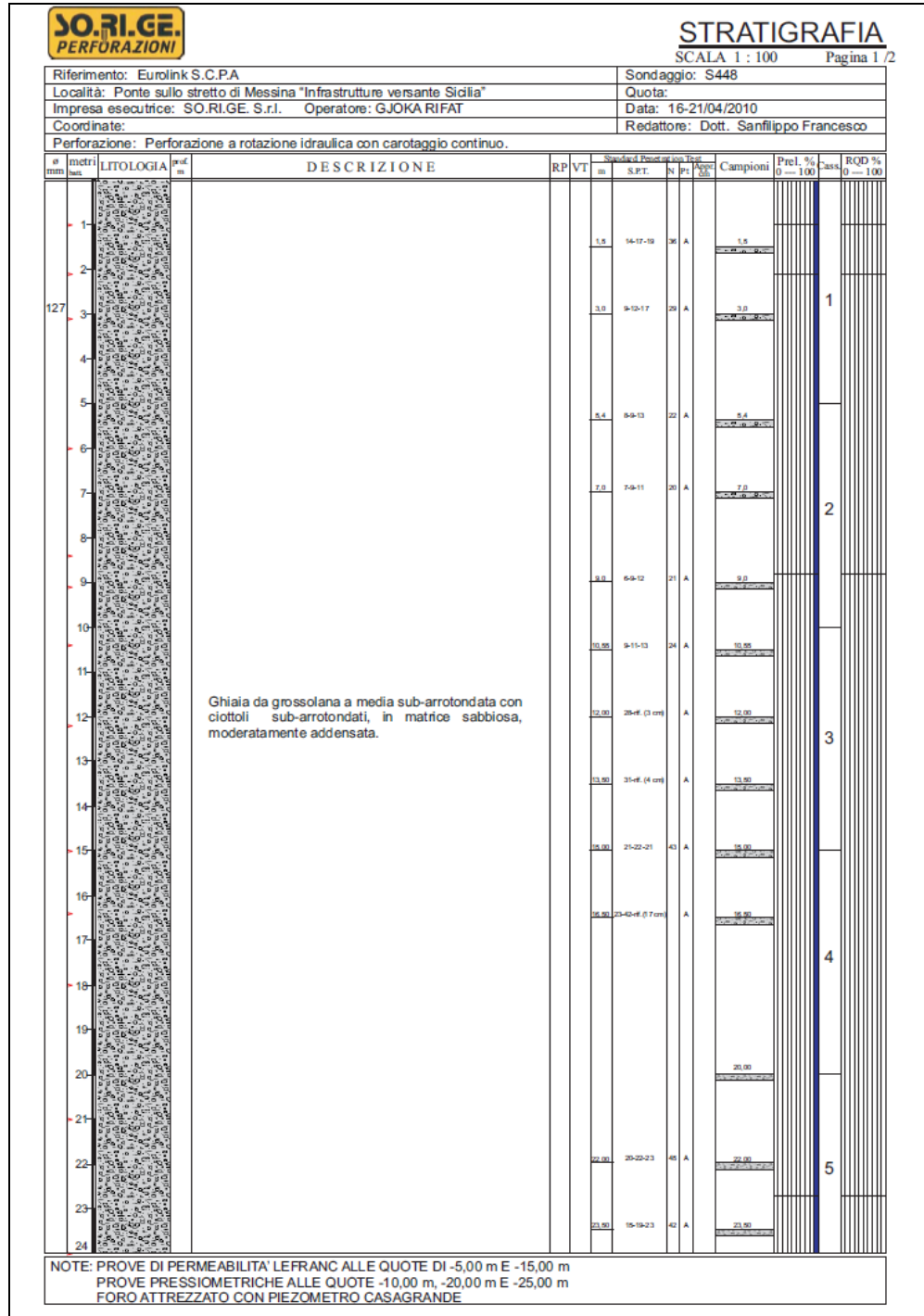
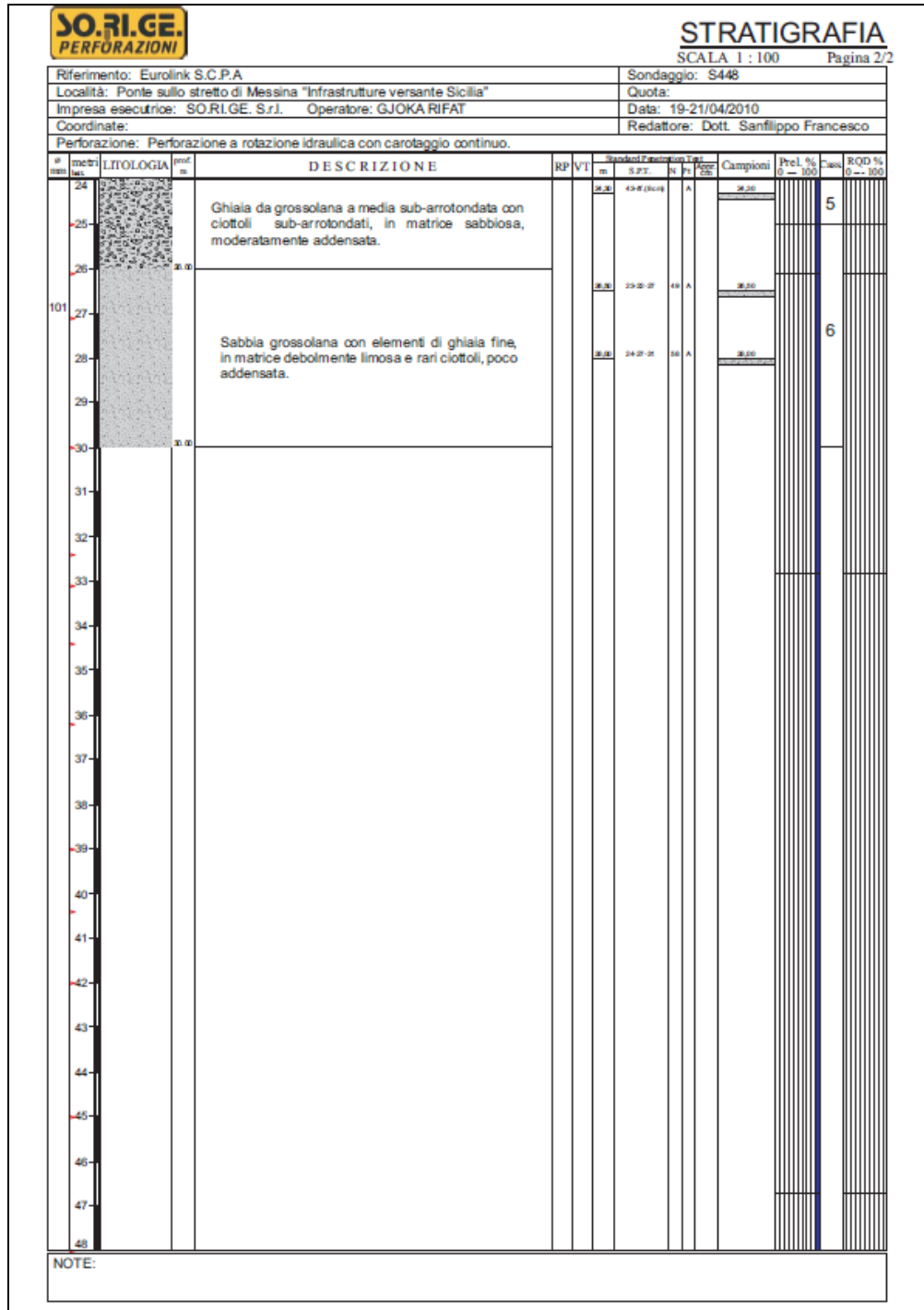


Figura 7 – S448



**Figura 8 – S448**

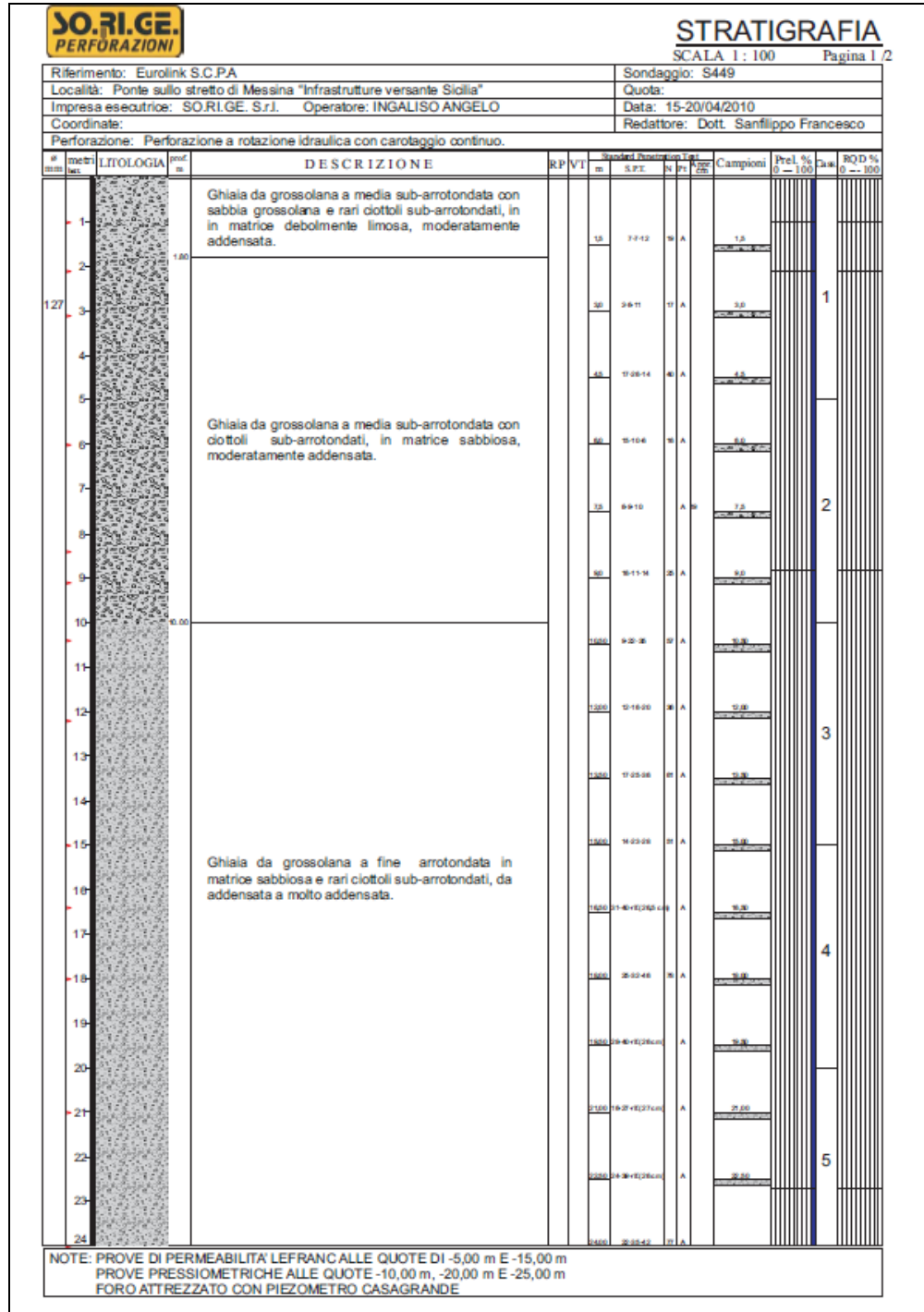


Figura 9 – S449

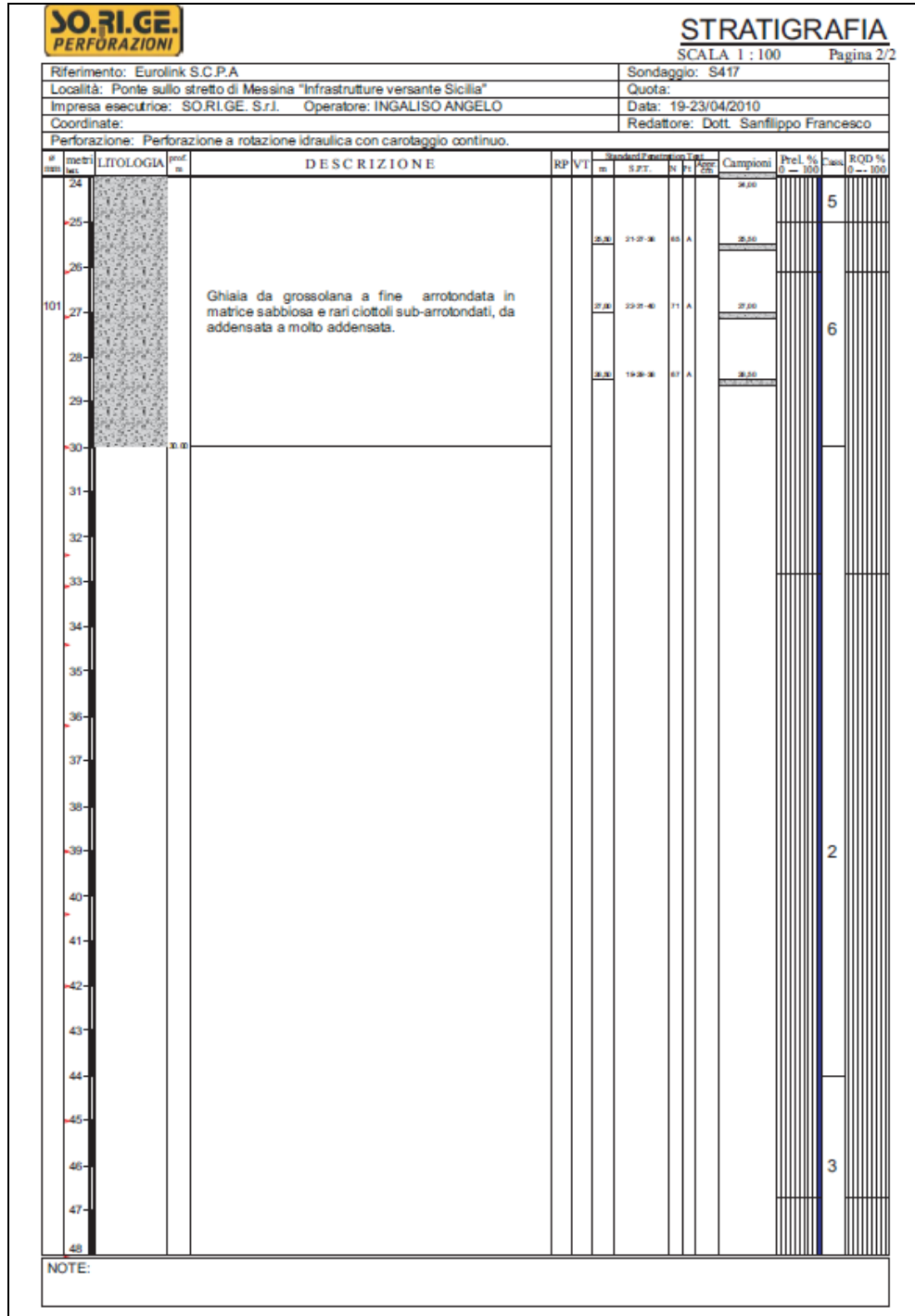


Figura 10 – S449

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dalle immagini sopra riportate emerge come la zona di interesse è caratterizzata da materiali identificati come *ghiaie e sabbie di Messina*.

La descrizione della litologia riportata nel seguito è tratta dalla relazione geotecnica generale (CG0800PRBDSSBC8G000000001).

“I materiali in oggetto sono granulometricamente descritti come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane. Frequentemente si rilevano strati di ghiaie cementate come si evidenzia nei rilievi effettuati nelle aree di imbocco delle gallerie ferroviarie S.Agata, S.Cecilia, e stradali Faro, Balena e Le Fosse. In questi rilievi la ghiaia si presenta più o meno debolmente cementata e molto addensata. Lo scheletro si presenta costituito da ghiaie e ciottoli eterometrici arrotondati ed appiattiti.”

Sempre nel medesimo elaborato vengono infine tabulati i valori caratteristici identificativi della litologia:

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18+20
N <sub>SPT</sub> (colpi/30 cm)	63±30
c' piccolo (kPa)	0+10
$\Phi'$ piccolo (°)	38+40 (p'ff=0-272KPa) / 35+38 (p'ff=272-350KPa)
C <sub>cv</sub> ' (kPa)	0
$\Phi_{cv}'$ (°)	33+35
OCR	-
c <sub>u</sub> (kPa)	-
k <sub>o</sub> (-)	0.4-0.5
K <sub>v</sub> (m/sec)	-
V <sub>s</sub> (m/sec)	Vs=200+4·z (m/s)
G' <sub>o</sub>	$G'_o = 1420 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.60}$
E' *	$E = (14 + 30) \cdot (z)^{0.60}$
v' (-)	0.2
G0, G/G0	curve teoriche
D0, D/D0	curve teoriche
K(m/s)	10 <sup>-4</sup> +10 <sup>-6</sup>

Figura 11 – caratteristiche geotecniche medie

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		Codice documento SF0262_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

E quelli per tratta:

Opera/parametri	Generale	Ferrovia Da 0+0 a 1+0 km Ancoraggio	Ferrovia Da 1+0 a 5+1 km - GN S.Agata	Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km	Ferrovia Da 5+6 a 17+3 km - GN S.Cecilia
$c'_{picco}$ (kPa)	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
$\psi_{picco}$ (°)	38-40	z=0-20m 38-42 z>20m 37-39	z=0-30m 37-43 z>30m 40	z=0-10m 38-42 z>10m 38-40	z=0-15m 38-44 z>15m 39-42
$G'_o$	$G'_o = 1420 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_v}{p_a}\right)^{0.60}$ $G_0=40 z^{0.6}$	z=0-20m 200-400 z=20-50m $G_0= 25 z^{0.64}$ z=50-80m 350-500 z>=80m 500-800	$G'_o = 1500 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_v}{p_a}\right)^{0.62}$ $G_0=43 z^{0.62}$	$G'_o = 1500 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_v}{p_a}\right)^{0.62}$ $G_0=43 z^{0.62}$	$G'_o = 1690 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_v}{p_a}\right)^{0.62}$ $G_0=50 z^{0.62}$
K(m/s)	$10^{-5}$ - $10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$ - $10^{-6}$	$10^{-5}$ - $10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$ - $10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$ - $5 \cdot 10^{-6}$

Figura 12– caratteristiche geotecniche suddivise per tratta

Valori congruenti con quelli assunti nelle presenti verifiche e di seguito riportati:

	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$c'$ MPa	$\phi'$ °	$E'$ MPa	$\nu'$ --	$k$ m/s
<b>Sabbie e ghiaie di Messina</b>	19	0	38	59.2: Emin	0.2	$10^{-4} - 10^{-6}$

Per le caratteristiche dei terreni sopra riportati, secondo il DM 14/01/2008 essi possono essere classificati secondo la categoria di sottosuolo C, come confermato dalla relazione sismica generale (CG0800PRGDSSBC8G000000001) della quale si riporta di seguito un estratto:

<i>Ferrovia / Strada Da 0+0 a 1+0 km</i>	S108Pz	422,95	B
	S408	444,30	B
	SPPS00	710,24	B
	SPPS02	377,62	B
<i>Ferrovia Da 5+1 a 5+6 km</i>	S447	355,44	C
<i>Strada Da 2+0 a 5+4 km - GN "Faro Superiore"</i>	S413	283,67	C
	S414	425,99	B

Figura 13 – estratto dalla relazione sismica generale

I terreni sono stati considerati privi di falda, come viene confermato anche dal monitoraggio dei

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0

piezometri installati i cui risultati sono di seguito riportati:

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - INDAGINI GEOGNOSTICHE INFRASTRUTTURE STRADALI E FERROVIARIE - RIEPILOGO SONDAGGI													
n°	Lato	Sondaggio	Esecutore	Data ultimazione	Profondità m dal p.c.	Piezometro installato		Altezza testa pozzetto m da p.c.	AGOSTO 2010		SETTEMBRE 2010		
						Tipo	Profondità m		Quota terreno m sl.m.	Letture da testa pozzetto ml.	Livello idrico profondità m da p.c.	Letture da testa pozzetto ml.	Livello idrico profondità m da p.c.
1	Sic	S407	ATI Sorice - L&R		30,0	Casagrande	0,0						
4	Sic	S409	ATI Sorice - L&R	16/04/2010	30,0	Casagrande	30,0	95,803	0,27	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente
7	Sic	S411	ATI Sorice - L&R	30/04/2010	35,0	Casagrande	35,0	94,179	0,00	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente
8	Sic	S412	ATI Sorice - L&R	21/05/2010	65,0	Tubo aperto	65,0		0,00	64,80	64,80	Nessun segnale	Assente
12	Sic	S414bis	ATI Sorice - L&R	29/04/2010	30,0	Casagrande	30,0	141,025	0,36	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente
13	Sic	S415	ATI Sorice - L&R		35,0	Casagrande	0,0						
14	Sic	S416	ATI Sorice - L&R	17/09/2010	40,0	Tubo aperto	40,0						
15	Sic	S417	ATI Sorice - L&R	23/04/2010	30,0	Casagrande	30,0	113,178	0,30	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente
17	Sic	S419	ATI Sorice - L&R	09/09/2010	60,0	Casagrande	58,0		0,20	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente
18	Sic	S420	ATI Sorice - L&R	05/05/2010	65,0	Casagrande	65,0	162,340	0,15	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente
19	Sic	S421	ATI Sorice - L&R	06/08/2010	80,0	Tubo aperto	80,0	153,097	0,22	64,07	63,85	79,03	78,81
21	Sic	S423	ATI Sorice - L&R	05/05/2010	30,0	Casagrande	30,0	81,179	0,00	Nessun segnale	Assente	Demolito	
23	Sic	S425	ATI Sorice - L&R	12/05/2010	50,0	Casagrande	50,0	75,910	0,00	Demolito		Demolito	
25	Sic	S427	ATI Sorice - L&R	14/05/2010	45,0	Casagrande	45,0	118,171	0,16	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente
26	Sic	S428bis	Vicenzetto		110,0	Casagrande	0,0						
29	Sic	S430	Vicenzetto	07/07/2010	40,0	Tubo aperto	40,0	179,573		Non accessibile		Nessun segnale	Assente
30	Sic	S431	Vicenzetto	21/04/2010	30,0	Casagrande	24,0	168,085	0,00	9,60	9,60	9,57	9,57
31	Sic	S432	Vicenzetto	30/06/2010	30,0	Casagrande	20,0	164,104		Non accessibile		Non accessibile	
32	Sic	S433	Vicenzetto	26/08/2010	90,0	Tubo aperto	90,0	215,155	0,23	Non accessibile		88,33	88,10
33	Sic	S434	Vicenzetto	28/06/2010	40,0	Casagrande	22,0	173,019	0,12	20,70	20,58	20,79	20,67
35	Sic	S436	Vicenzetto	13/05/2010	30,0	Casagrande	21,0	179,452	0,00	14,00	14,00	14,15	14,15
36	Sic	S437	Vicenzetto	03/07/2010	30,0	Casagrande	24,0	165,118		Non accessibile		Non accessibile	
37	Sic	S441	Vicenzetto	17/04/2010	45,0	Tubo aperto	42,0	152,738	0,00	7,30	7,30	6,28	6,28
41	Sic	S445	ATI Sorice - L&R	19/08/2010	50,0	Casagrande	50,0	70,230	0,00	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente
42	Sic	S445bis	ATI Sorice - L&R	18/05/2010	50,0	Tubo aperto	50,0	49,087	0,29	48,07	47,78	49,60	49,31
43	Sic	S446	ATI Sorice - L&R		55,0	Casagrande	0,0						
45	Sic	S448	ATI Sorice - L&R	21/04/2010	30,0	Casagrande	30,0	57,586	0,22	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente
46	Sic	S449	ATI Sorice - L&R	20/04/2010	30,0	Casagrande	30,0	59,021	0,35	Nessun segnale	Assente	Nessun segnale	Assente

Figura 14 – monitoraggio piezometri

Le verifiche sono pertanto condotte in condizioni drenate avendo anche predisposto un sistema di drenaggio per l'opera.

### 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITÀ DEL LUOGO

#### Coefficiente di spinta sismica del terreno

Le verifiche di sicurezza in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento a quanto indicato nella Normativa Italiana riportata nel DM 14 gennaio 2008 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni) e successive modificazioni.

Nel seguito si fa riferimento al documento "Allegato A alle Norme Tecniche per le Costruzioni: Pericolosità Sismica". In base a tale documento, l'azione sismica sulle strutture è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base" in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base", costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , come definite nel § 3.2.1 (della precedente Normativa), nel periodo di riferimento  $V_R$  (definito al § 2.4 del NTC).

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- $T_{\cdot C}$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici, che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- i termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi del “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 Km);
- per diverse probabilità di superamento e/o diversi periodi di ritorno  $T_R$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L’azione sismica così individuata viene successivamente variata per tenere conto delle modifiche prodotte da condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Nel seguito si riportano i valori e gli spettri di risposta considerati per il sito in oggetto che viene identificato le coordinate topografiche:

Latitudine : 38 ° 25’  
 Longitudine: 15° 58’

Trattandosi di opere di contenimento di altezza pari a 5 m, in accordo con i criteri di progettazione approvati, sono stati assunti come valori di riferimento per la stima dell’accelerazione sismica di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

progetto:

- Vita nominale ( $V_N$ )= 50 anni
- Coefficiente d'uso della costruzione ( $C_u$ )= 1.5

Da cui risulta un periodo di riferimento per la costruzione di 75 anni.

L'opera si inserisce all'interno di un pendio che si estende a tergo del manufatto, per questo motivo si è assunta la categoria topografica T2 in modo da considerare un effetto di amplificazione topografica dovuto alla massa del terreno a monte della paratia (rif. tab 3.2.IV NTC08).

Sempre in analogia alle linee guida emanate, nel caso sismico sono state analizzate le condizioni di Stato Limite di Vita (SLV) e di Stato Limite di Danno (SLD), da cui risultano le accelerazioni al suolo di seguito riportate:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Reticolo di riferimento

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

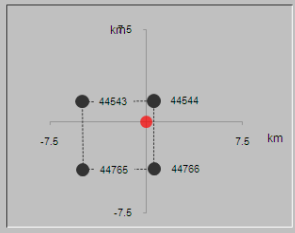
Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

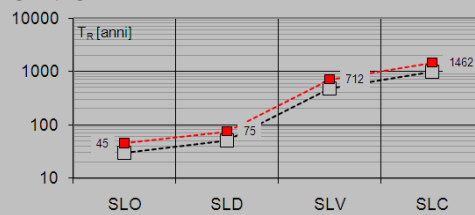
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="45"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1462"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

**FASE 2**

FASE 3

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

$S_S = 1.086$   $C_C = 1.401$  info

Categoria topografica  info

$h/H = 1.000$   $S_T = 1.200$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievotopografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_s = 3$  Regol. in altezza  info

Compon. verticale

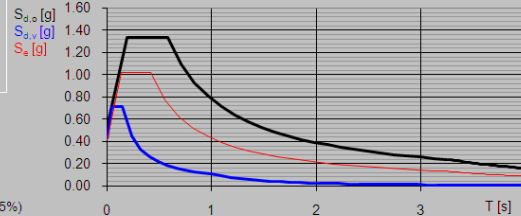
Spettro di progetto

Fattore  $q_v = 1.5$   $\eta = 0.667$  info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO

FASE 1

FASE 2

**FASE 3**

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.279 g
$F_0$	2.429
$T_C^*$	0.375 s
$S_S$	1.294
$C_C$	1.451
$S_T$	1.200
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.553
$\eta$	1.000
$T_B$	0.181 s
$T_C$	0.544 s
$T_D$	2.715 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_g(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	$S_e$ [g]
	0.000	0.433
$T_B$ ←	0.181	1.051
$T_C$ ←	0.544	1.051
	0.648	0.883
	0.751	0.762
	0.854	0.670
	0.958	0.597
	1.061	0.539
	1.164	0.491
	1.268	0.451
	1.371	0.417
	1.475	0.388
	1.578	0.363
	1.681	0.340
	1.785	0.321
	1.888	0.303
	1.991	0.287
	2.095	0.273
	2.198	0.260
	2.301	0.249
	2.405	0.238
	2.508	0.228
	2.611	0.219
$T_D$ ←	2.715	0.211
	2.776	0.202
	2.837	0.193
	2.898	0.185
	2.960	0.177
	3.021	0.170
	3.082	0.164
	3.143	0.157
	3.204	0.151
	3.266	0.146
	3.327	0.140
	3.388	0.135
	3.449	0.131
	3.510	0.126
	3.572	0.122
	3.633	0.118
	3.694	0.114
	3.755	0.110
	3.816	0.107
	3.878	0.103
	3.939	0.100
	4.000	0.097

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_n$	0.097 g
$F_n$	2.322
$T_c^*$	0.317 s
$S_\xi$	1.500
$C_c$	1.535
$S_T$	1.200
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.162 s
$T_c$	0.486 s
$T_D$	1.986 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_\xi \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_n / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta** (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_\xi(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.174
$T_B$	0.162	0.404
$T_c$	0.486	0.404
	0.557	0.352
	0.629	0.312
	0.700	0.280
	0.772	0.254
	0.843	0.233
	0.915	0.215
	0.986	0.199
	1.058	0.186
	1.129	0.174
	1.200	0.163
	1.272	0.154
	1.343	0.146
	1.415	0.139
	1.486	0.132
	1.558	0.126
	1.629	0.120
	1.701	0.115
	1.772	0.111
	1.843	0.106
	1.915	0.102
$T_D$	1.986	0.099
	2.062	0.090
	2.178	0.082
	2.274	0.075
	2.370	0.069
	2.466	0.064
	2.562	0.059
	2.658	0.055
	2.753	0.051
	2.849	0.048
	2.945	0.045
	3.041	0.042
	3.137	0.040
	3.233	0.037
	3.329	0.035
	3.425	0.033
	3.521	0.031
	3.616	0.030
	3.712	0.028
	3.808	0.027
	3.904	0.026
	4.000	0.024

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

Le verifiche geotecniche (GEO) e strutturali (STR) vengono effettuate facendo riferimento al metodo semi-probabilistico agli stati limite, in cui la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

Vengono considerati sia gli stati limite ultimi, che sono quelli associati al collasso della struttura (o dell'insieme struttura-terreno) o alla rottura di parti di essa, sia gli stati limite di esercizio, che corrispondono a condizioni oltre le quali specifiche richieste d'uso per una struttura o per un elemento strutturale non sono più soddisfatte.

Le verifiche di sicurezza vengono condotte secondo il metodo dei coefficienti parziali: l'affidabilità viene ottenuta verificando che, in tutte le situazioni progettuali significative, gli stati limite non vengono raggiunti quando i valori di progetto delle azioni, delle proprietà del materiale e dei dati geometrici sono introdotti nei modelli progettuali, questo si traduce nell'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

Dove:

$R_d$  è la resistenza di progetto del sistema geotecnico, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto  $F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_{Fj}$  delle azioni o direttamente  $E_{dj} = E_{kj} \cdot \gamma_{Ej}$ .

I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj}$ , associati rispettivamente al materiale  $i$ -esimo e all'azione  $j$ -esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

Il non raggiungimento delle situazioni limite è da intendersi in senso probabilistico, cioè implicitamente si assume che la probabilità di raggiungere una certa situazione limite, durante la vita nominale della struttura (o durante l'orizzonte temporale di riferimento nel caso di una fase transitoria), sia inferiore ad un valore prefissato, comunque piccolo.

In particolare, per le paratie si considereranno i seguenti stati limite ultimi:

SLU DI TIPO GEOTECNICO (GEO) E DI TIPO IDRAULICO (UPL E HYD):

- Collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- Collasso per carico limite verticale;
- Sfilamento di uno o più ancoraggi;
- Instabilità di fondo scavo per sollevamento;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Instabilità del fondo scavo in terreni a frana fine in condizioni non drenate;
- Sifonamento del fondo scavo;
- Instabilità globale dell'insieme terreno-opera.

SLU DI TIPO STRUTTURALE (STR):

- Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;
- Raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1 in combinazione 2: A2+M2+R1, dove R1 = 1 come indicato nelle istruzioni per l'applicazione delle NTC08 con la circolare del 2 febbraio 2009. Le rimanenti verifiche devono essere effettuate considerando le combinazioni di coefficienti:

Combinazione 1: A1+M1+R1;

Combinazione 2: A2+M2+R1

Tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nel capitolo seguente.

Nel caso in questione, noto che la litologia predominante sono le ghiaie di Messina, e noto dal monitoraggio dei piezometri l'assenza di falda a quote rilevanti per l'opera, gli stati ultimi di tipo idraulico possono essere tralasciati dal momento che non sussistono le condizioni per il loro verificarsi. Verranno analizzati in questo elaborato quindi sia gli stati limite ultimi di tipo GEO che quelli di tipo STR.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE), invece, si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

#### **4.4.1 VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI**

Le azioni che agiscono sulle strutture possono venire classificate secondo la loro variazione nel tempo in:

- permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo:
  - peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente;
  - forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti dei carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo) ( $G_1$ );
  - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali ( $G_2$ );

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- spostamenti o deformazioni imposte, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- pretensione e precompressione (P);
- ritiro e viscosità;
- spostamenti differenziali;
- variabile (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
  - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
  - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- eccezionali (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;
  - incendi;
  - esplosioni;
  - urti ed impatti.
- sismiche (E): azioni derivanti dai terremoti.

Tutte le azioni variabili che agiscono sulla struttura vengono introdotte nei calcoli di verifica in termini di un *valore caratteristico*  $Q_k$ , ossia il valore corrispondente ad un frattile pari al 95% della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile stessa.

Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini  $Q_{kj}$  rappresentano le azioni variabili, della combinazione, con  $Q_{k1}$  azione variabile dominante e  $Q_{k2}$ ,  $Q_{k3}, \dots$  azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante. Le azioni variabili  $Q_{kj}$  vengono combinate con i coefficienti di combinazione  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$  e  $\psi_{2j}$  i cui valori sono forniti nella tabella 2.5.I delle NTC08.

Con riferimento alla durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile, si definiscono:

- valore quasi permanente  $\psi_{2j}Q_{kj}$ : la media della distribuzione temporale dell'intensità;
- valore frequente  $\psi_{1j}Q_{kj}$ : il valore corrispondente al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità e cioè che è superato per una limitata frazione del periodo di riferimento;
- valore raro (o di combinazione)  $\psi_{0j}Q_{kj}$ : il valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili.

Nel caso in cui la caratterizzazione stocastica dell'azione considerata non sia disponibile, si può



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

assumere il valore nominale. Nel seguito sono indicati con il pedice k i valori caratteristici; senza pedici k i valori nominali.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- **Combinazione fondamentale**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} \cdot \psi_{02} + \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} \cdot \psi_{03} + \dots$$

- **Combinazione caratteristica (rara)**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{Q2} \cdot Q_{k2} + Q_3 \cdot \psi_{03} + \dots$$

- **Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + Q_3 \cdot \psi_{23} + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente (SLE)**, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + Q_3 \cdot \psi_{23} + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + Q_3 \cdot \psi_{23} + \dots$$

- **Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$ :

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + Q_3 \cdot \psi_{23} + \dots$$

Nelle combinazioni per gli SLE, si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$  sono dati nel paragrafo seguente mentre quelli dei coefficienti  $\psi$  nella tabella sotto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

#### 4.4.2 STATI LIMITE ULTIMI: COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E \cdot \left[ \gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Ovvero:

$$E_d = \gamma_E \cdot E \cdot \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

con  $\gamma_E = \gamma_F$  e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \cdot \left[ \gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Gli effetti delle azioni e delle resistenze sono espresse in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_F F_k$  dei parametri di progetto  $X_k/\gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ .

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come  $E_d = E_k \cdot \gamma_E$ .

Nella formulazione della resistenza  $R_d$ , compare esplicitamente un coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

 <b>Stretto di Messina</b>	 <b>EuroLink</b>	<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		Codice documento SF0262_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

Le verifiche vengono eseguite per le condizioni di carico più gravose che possono agire sulla struttura ed adottando le combinazioni ed i coefficienti parziali riportati nelle immagini seguenti.

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Figura 15 – coefficienti parziali da NTC 08**

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_\varphi$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Figura 16– coefficienti parziali da NTC 08**

#### 4.4.3 STATI LIMITE DI ESERCIZIO: COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Le verifiche agli stati limite di esercizio vengono eseguite adottando coefficienti parziali unitari.

#### 4.4.4 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN C.A.

##### 4.4.4.1 Verifica a pressoflessione – SLU

##### RESISTENZA DI CALCOLO A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

dove:

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

$$\gamma_c = 1.5$$

#### RESISTENZA DI CALCOLO A TRAZIONE DEL CALCESTRUZZO

$$f_{ctd} = f_{ctm} / \gamma_c$$

#### RESISTENZA DI CALCOLO DELL'ACCIAIO

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

dove:

$$\gamma_s = 1.15$$

#### **4.4.4.2 Verifica a pressoflessione – SLE**

Si hanno i seguenti limiti per le tensioni in esercizio:

##### Combinazione Rara/Frequente

$$\sigma_c \leq 0.60 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma_s = 0.8 \cdot f_{yk}$$

##### Combinazione Quasi Permanente

$$\sigma_c \leq 0.45 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma_s = 0.8 \cdot f_{yk}$$

#### **4.4.4.3 Verifica a fessurazione**

Le ampiezze delle fessure verranno contenute nei seguenti limiti, per combinazioni di carico frequenti.

$$\text{Aperture fessure} \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

#### **4.4.4.4 Verifica a taglio**

Affinché possa risultare non necessaria l'armatura trasversale resistente a taglio devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Dove:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

d = altezza utile della sezione (mm)

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) \leq 0.02$$

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  = tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.02 \cdot f_{cd}$ )

$b_w$  = larghezza minima della sezione (mm)

Nel caso in cui le condizioni sopra non siano soddisfatte, La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

La verifica di resistenza si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \sigma_c \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

$A_{sw}$ : area dell'armatura trasversale;

s: interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$\theta$ : angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo;

$$f_{cd} = 0.5 \cdot f_{ck};$$

$\sigma_c$  coefficiente maggiorativo = 1 per membrane non compresse

$$1 + \sigma_{cp} / f_{cd} \quad 0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$$

$$1.25 \quad 0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 \cdot f_{cd}$$

$$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp} / f_{cd}) \quad 0.5 \cdot f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		Codice documento SF0262_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

## 5 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati a cui fanno riferimento le opere descritte nella presente relazione sono i seguenti:

PROGETTO DEFINITIVO																	
T1	COLLEGAMENTI VERSANTE SICILIA																
T2	39	COLLEGAMENTI FERROVIARI - OPERE CIVILI															
T3	39	Elementi di carattere generale															
T4	39	Generale															
T3	39	Tracciamento planoaltimetrico, sezioni e geometria corpo ferroviario															
T4	46	Posto di manutenzione - Sottostazione Elettrica															
T5	46	SF 0258	Planimetria di progetto e particolari costruttivi	Varie	SINA	CG0700	P	PZ	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	16
T5	46	SF 0259	Sezioni trasversali - Tav.1	1:200	SINA	CG0700	P	W9	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	10
T5	46	SF 0260	Sezioni trasversali - Tav.2	1:200	SINA	CG0700	P	W9	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	11
T5	46	SF 0261	Sezioni trasversali - Tav.3	1:200	SINA	CG0700	P	W9	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	12
T5	46	SF 0262	Paratia - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche		SINA	CG0700	P	CL	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	05
T5	46	SF 0263	Paratia - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera		SINA	CG0700	P	SH	D	S	FC	L2	PM	00	00	00	03

Altri elaborati di riferimento per la determinazione delle condizioni al contorno delle opere sono di seguito riportati:

Elaborato	Codifica
Relazione geotecnica generale versante sicilia	CG0800PRBDSSBC8G000000001
Relazione sismica generale	CG0800PRGDSSBC8G000000001
Relazione idrogeologica	CG0800PRGDSSBC6G000000003
Carta idrogeologica versante sicilia	CG0800PN5DSSBC6G000000009
Carta idrogeologica versante sicilia	CG0800PN5DSSBC6G000000010
Carta idrogeologica versante sicilia	CG0800PN5DSSBC6G000000011
Carta idrogeologica versante sicilia	CG0800PN5DSSBC6G000000012
Tracciato ferroviario - b.p. - profilo geologico geotecnico dal km 3+800 al km 5+000	CG0800PF6DSSBC6TF000000004
Tracciato ferroviario - b.p. - profilo geologico geotecnico dal km 5+000 al km 6+300	CG0800PF6DSSBC6TF000000005
Tracciato ferroviario - b.d. - profilo geologico geotecnico dal km 3+800 al km 5+000	CG0800PF6DSSBC6TF000000020
Tracciato ferroviario - b.d. - profilo geologico geotecnico dal km 5+000 al km 6+300	CG0800PF6DSSBC6TF000000021

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARTIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 ANALISI PARTIA

### 6.1 ANALISI DEI CARICHI

Le verifiche sono state implementate sul diaframma di altezza maggiore.

Nelle verifiche sono state considerate condizioni drenate in quanto, come descritto in precedenza, nel monitoraggio dei piezometri installati risulta assente la falda. Inoltre eventuali acque superficiali infiltrate, potranno venire drenate mediante i drenaggi che si prevedono di installare nella struttura del diaframma.

I carichi considerati sono pertanto riconducibili a:

- peso proprio del muro
- spinta esercitata dal terreno



Per l'analisi del caso sismico, cautelativamente, si è optato per l'implementazione di un modello pseudo-statico: questo metodo consiste, molto semplicemente, nello schematizzare l'effetto del sisma come un'accelerazione orizzontale  $\pm kh \cdot g$  e verticale  $\pm kv \cdot g$  che producono forze d'inerzia proporzionali alla massa del terreno e delle strutture interessate. Tali forze sono applicate staticamente e corrispondono sostanzialmente a considerare un campo gravitazionale, avente componente verticale pari a  $(1 \pm kv) \cdot g$  ed orizzontale pari a  $\pm kh \cdot g$ .

Quindi per quanto concerne la spinta delle terre esse saranno determinate secondo la teoria di Mononobe-Okabe.

In moltissime circostanze pratiche è consuetudine ipotizzare che l'opera di sostegno si deformi sufficientemente per produrre condizioni di equilibrio limite, ovvero per consentire la formazione di un meccanismo di rottura individuato da una o più superficie di scorrimento lungo le quali siano raggiunte condizioni di plasticizzazione del materiale.

Una volta calcolata la spinta che il muro deve offrire affinché tali condizioni siano possibili, l'opera di sostegno viene ovviamente progettata per poter assicurare una resistenza adeguatamente maggiore. Nel caso di un rilevato con superficie rettilinea (orizzontale o inclinata) composto da terreno omogeneo, asciutto e puramente granulare, assoggettato ad un'azione sismica con componenti orizzontale e verticale, in aggiunta al peso proprio, la soluzione al problema posto in questi termini è fornita dal metodo di Mononobe e Okabe (Mononobe e Matsuo (1929), Okabe (1926)).

Questo metodo consiste in un semplice problema di equilibrio limite la cui soluzione è ottenuta esattamente come nel metodo di Coulomb (risalente alla seconda metà del XVIII secolo), di cui il

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

metodo di Mononobe e Okabe (chiamato nel seguito con la sigla M-O) altro non è che una ovvia estensione. Lo schema concettuale è riportato, nel caso attivo e nel caso passivo, nelle immagini seguenti:

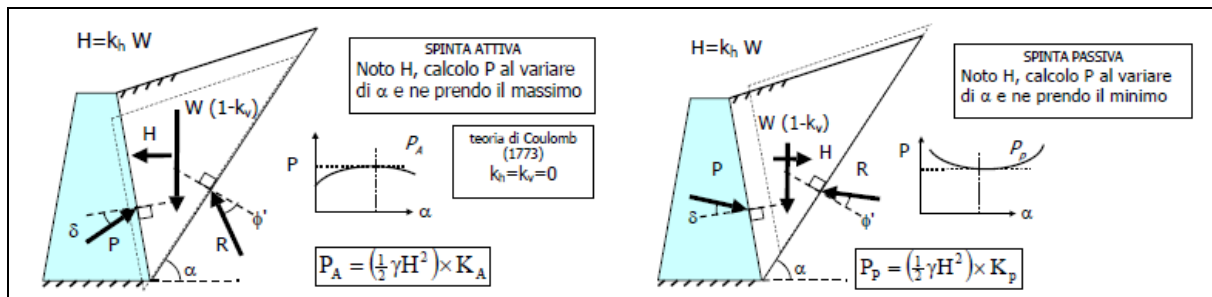


Figura 17 – M-O casi spinta attiva e passiva

si noti che il metodo assume un terrapieno puramente granulare (cioè privo di coesione), secco e privo di sovraccarico in superficie.

Si riporta di seguito un'immagine relativa alla schematizzazione dell'evento sismico mediante il software utilizzato per il dimensionamento dell'opera.

Dove:

$$K_h (SLV) = a_g \times S_s \times S_t \times \alpha \times \beta = 0.279 \times 1.29 \times 1.2 \times 0.48 \times 0.85 = 0.175$$

$$K_h (SLD) = a_g \times S_s \times S_t \times \alpha \times \beta = 0.097 \times 1.5 \times 1.2 \times 0.48 \times 0.85 = 0.07$$

Dove  $\alpha$  e  $\beta$  sono determinati ai sensi delle norme tecniche (rif NTC08 §7.11.6.3.2) in funzione dello spostamento massimo accettato, assunto in 5 cm. Tale valore si ritiene congruo in quanto soddisfa la condizione al [7.11.11] NTC08 secondo la quale  $u_s \leq 0.005 \cdot H = 7.5$  cm. Dalle verifiche risulterà comunque uno spostamento dell'opera molto minore del massimo accettabile.



**Opzioni sisma**

1. Accelerazioni di progetto  
 Includi sisma in questa fase  
 kh: 0.07 kv: 0

2. Accelerazione di base e effetti di sito  
 2.a Opzioni da codice  
 Usa codice Codice: DM08 - Italian Seismic Code  
 Classe suolo: C

2.b Accelerazione di base e effetti di sito  
 Ag/g: 0.097 Coeff. Ss: 1.5  
 Fo: 2.322 Coeff. St: 1.2  
 Fattore importanza I: 1

3. Comportamento paratia e coefficiente di risposta R  
 3.a Comportamento paratia  
 Flessibile  Rigido (Metodo di Wood)

3.b Paratia flessibile - calcolo di R  
 Manuale  Richards Elms  
 Codice di verifica  Liao Whitman

3.c Opzioni calcolo R  
 3.c.1: R (coefficiente di risposta strutturale)  
 R = 2.494

3.c.3 Codice NTC2008  
 Calcola coeff. R manualmente  
 Hparatia = 15 m  $\alpha = 0.846875$   
 Us = 5 cm  $\beta = 0.476292$   
 Ricalcola R secondo il DM08 (Normativa Italiana)

4. Spinta sismica  
**Pressioni sismiche aggiunte come esterne**  
 Semirigido (vedi Manuale Teorico) B = 1  
 Mononobe-Okabe (terreni con attrito)  
 Richards-Shi (terreni con attrito e coesione)  
 Usa pressioni esterne personalizzate  
**Procedura sismica automatica (vedi Manuale Teorico)**  
 Procedura automatica  
 Procedura automatica (pressioni utente)

5. Contributo falda  
 Pervio  Impervio  Autom. (EC8)  
 Usa pressione reale per effetti idrodinamici  
 Parametro Ru per sovrappressione = 0

6. Modalità applicazione spinta sismica  
 Paratia fuori terra  Paratia intera

7. Inerzia paratia  
 Includi inerzia paratia

8. Applica impostazioni generali  
 Applica impostazioni a tutte le fasi  
 Ricalcola accelerazione di progetto

OK Cancell

**Figura 18 – schematizzazione azione sismica (SLD)**

**Opzioni sisma**

1. Accelerazioni di progetto  
 Includi sisma in questa fase  
 kh: 0.176 kv: 0

2. Accelerazione di base e effetti di sito  
 2.a Opzioni da codice  
 Usa codice Codice: DM08 - Italian Seismic Code  
 Classe suolo: C

2.b Accelerazione di base e effetti di sito  
 Ag/g: 0.279 Coeff. Ss: 1.293  
 Fo: 2.429 Coeff. St: 1.2  
 Fattore importanza I: 1

3. Comportamento paratia e coefficiente di risposta R  
 3.a Comportamento paratia  
 Flessibile  Rigido (Metodo di Wood)

3.b Paratia flessibile - calcolo di R  
 Manuale  Richards Elms  
 Codice di verifica  Liao Whitman

3.c Opzioni calcolo R  
 3.c.1: R (coefficiente di risposta strutturale)  
 R = 2.474

3.c.3 Codice NTC2008  
 Calcola coeff. R manualmente  
 Hparatia = 15 m  $\alpha = 0.846875$   
 Us = 5 cm  $\beta = 0.476292$   
 Ricalcola R secondo il DM08 (Normativa Italiana)

4. Spinta sismica  
**Pressioni sismiche aggiunte come esterne**  
 Semirigido (vedi Manuale Teorico) B = 1  
 Mononobe-Okabe (terreni con attrito)  
 Richards-Shi (terreni con attrito e coesione)  
 Usa pressioni esterne personalizzate  
**Procedura sismica automatica (vedi Manuale Teorico)**  
 Procedura automatica  
 Procedura automatica (pressioni utente)

5. Contributo falda  
 Pervio  Impervio  Autom. (EC8)  
 Usa pressione reale per effetti idrodinamici  
 Parametro Ru per sovrappressione = 0

6. Modalità applicazione spinta sismica  
 Paratia fuori terra  Paratia intera

7. Inerzia paratia  
 Includi inerzia paratia

8. Applica impostazioni generali  
 Applica impostazioni a tutte le fasi  
 Ricalcola accelerazione di progetto

OK Cancell

**Figura 19 - schematizzazione azione sismica (SLV)**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6.2 MODELLO DI CALCOLO

### 6.2.1 PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO: PARATIE PLUS 2010

Paratie Plus 2010 è un programma non lineare ad elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno.

### 6.2.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Paratie analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l'accento sull'aspetto dell'interazione "locale" fra parete e terreno.

Scopo precipuo di Paratie è quindi il calcolo delle azioni flettenti e taglianti e delle deformazioni laterali della parete di sostegno e la valutazione di tutte quelle grandezze a queste connesse.

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l'effettivo comportamento dell'opera di sostegno.

La simulazione numerica utilizzata segue due differenti percorsi:

- Analisi classica
- Analisi non lineare secondo un modello "a molle" elasto plastiche" per la parte terreno

#### Analisi classica

Viene eseguita una analisi all'equilibrio limite della singola o doppia paratia. Il calcolo delle sollecitazioni avviene per mezzo delle teoria classiche. Il calcolo degli spostamenti avviene tramite una analisi elastica semplificata considerando lo schema di carico e di vincoli imposti dall'Utente.

#### Analisi non lineare

La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;

- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

Lo scopo di Paratie è lo studio di un problema definito: in altre parole, analizza la risposta, durante le varie fasi realizzative, di una parete caratterizzata in tutte le sue componenti (altezza, infissione e spessore della parete, entità dei tiranti, ecc.), che l'utente deve avere definito prima di intraprendere il calcolo.



Il software dispone di una serie di procedura utili alla generazione degli approcci di progetto previsti dalle principali Normative e consente di eseguire le seguenti verifiche:

- verifiche strutturali (STR) dei principali elementi strutturali (diaframma, tiranti, solette, puntoni, ecc)
- verifiche tipo GEO

Il progetto di una paratia deve perciò essere condotto in modo, per così dire, iterativo: alla luce dei risultati forniti da ogni analisi, lo schema ipotizzato in partenza viene via via modificato fino al raggiungimento di una soluzione ritenuta soddisfacente. Sta al progettista, secondo la propria esperienza, individuare gli aspetti che meritano maggior attenzione nella fase di ottimizzazione strutturale e stabilire i criteri in base ai quali una scelta possa essere ritenuta valida. Paratie non propone alcun criterio progettuale proprio né fornisce direttamente un giudizio sulla bontà dello schema analizzato; si limita ad offrire, nel modo più esauriente e chiaro possibile, tutti gli strumenti di giudizio.

#### **6.2.2.1 Geometria del problema**

Il problema è visto ad un problema piano in cui viene analizzata una "fetta" di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella Figura seguente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

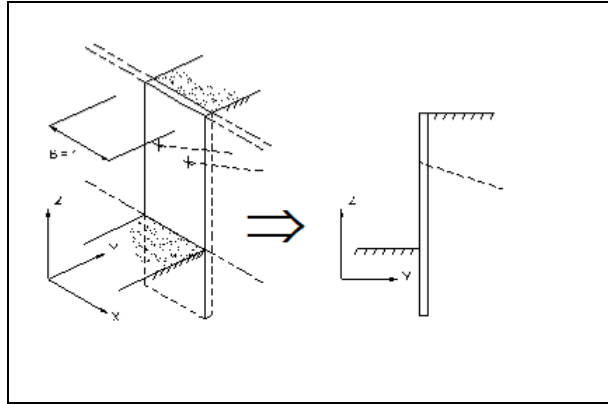


Figura 20 – geometria del problema

Il software non è quindi idoneo a studiare problemi in cui vi siano importanti effetti tridimensionali. La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico": le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale  $EJ$ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno.

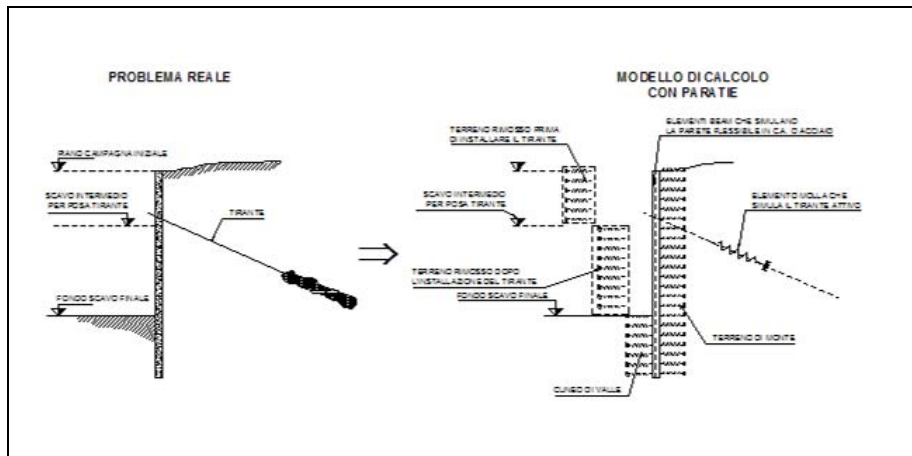


Figura 21 – geometria del problema

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una "molla", abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidità flessionale della parete.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati. Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe (1996))

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due soli gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

#### **6.2.2.2 Fasi tipiche dell'analisi**

Si elencano, nel seguito, le fasi tipiche di una modellazione di scavo affrontata con Paratie. La grande flessibilità del programma permette anche altre possibilità di simulazione.

La fase zero

La simulazione numerica di un generico problema geotecnico richiede generalmente che sia prevista una fase *zero* coincidente con la configurazione a riposo nella quale viene riprodotto lo stato tensionale supposto esistente nel terreno prima di ogni intervento. In paratie la configurazione *zero* deve prevedere uno step di carico in cui tutti gli elementi terreno siano presenti e bilanciati tra monte e valle; la quota di scavo coincide inoltre con la quota del piano di campagna e la freatica a monte e a valle sono alla stessa quota.

La soluzione relativa a questo primo step porta ad un campo di spostamenti nodali ovunque nullo e quindi ad uno stato tensionale nullo negli elementi trave che simulano i diaframmi. Negli elementi terreno vi sarà per contro uno stato tensionale non nullo ma relativo a condizioni indisturbate, cioè la pressione verticale funzione della quota del piano di campagna e dei sovraccarichi ed una pressione orizzontale legata alla precedente attraverso il coefficiente di spinta a riposo.

Alla pressione orizzontale così calcolata si sommano gli effetti di pressioni iniziali dovute a sovraccarichi concentrati calcolate sulla base di formule della teoria dell'Elasticità.

Si suppone in pratica che l'inserimento della parete, prima dello scavo, perturbi di poco lo stato tensionale nel terreno.

Il solutore risolve la fase *zero* impiegando al massimo due iterazioni di equilibrio: se al primo passo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sono necessarie più iterazioni, i dati di input normalmente non sono corretti.

Una fase di scavo

Un passo dell'analisi incrementale coincidente con l'abbassamento della quota di fondo scavo viene simulato come segue. Viene assegnata per questo passo una quota di fondo scavo inferiore a quella dei passi precedenti; Paratie rimuove automaticamente gli elementi terreno al di sopra della quota di fondo scavo, perturbando la configurazione di equilibrio nella fase precedente. L'equilibrio viene ristabilito, con una procedura iterativa, a prezzo di una variazione del quadro deformativo. Se non è possibile raggiungere una nuova configurazione rispettosa sia dell'equilibrio che della condizione di rottura del terreno, il processo iterativo non converge.

Durante una fase di scavo, può essere prescritto l'abbassamento della freatica all'interno dello scavo.

Inoltre può essere simulata la realizzazione di un tampone di fondo tramite il miglioramento del terreno naturale con tecnologie quali il jetgrouting o simili.

### 6.2.2.3 La simulazione di un reinterro

Una porzione di terreno, dopo essere stata rimossa, in seguito ad un scavo, può essere riattivata: in questo modo viene simulato un reinterro. Lo stato di sforzo molle appena riattivate viene calcolato nel seguente modo:

1. la componente verticale efficace viene calcolata tenendo conto della componente geostatica, del sovraccarico uniformemente distribuito e degli effetti di eventuali fondazioni nastriformi;
2. la componente orizzontale efficace viene calcolata moltiplicando per il coefficiente di spinta a riposo  $K_0^{NC}$ , lo sforzo verticale efficace dovuto alla componente geostatica ed al sovraccarico uniformemente distribuito, ma non agli effetti di eventuali carichi nastriformi;
3. la pressione dell'acqua viene valutata come in qualsiasi altro elemento.

Tutto questo alla prima iterazione del passo in cui avviene la riattivazione: alla fine del processo iterativo che porta alla soluzione equilibrata, lo sforzo efficace orizzontale può differire dal valore di spinta a riposo, se il terreno appena riattivato subisce delle deformazioni.

Per specificare un reinterro, è sufficiente assegnare una quota di fondo scavo (o di piano campagna), superiore a quella della fase precedente.

È possibile simulare—in via approssimata—anche l'effetto di una compattazione, applicando, e poi rimuovendo, un sovraccarico uniformemente distribuito equivalente al rullaggio stesso.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 6.2.2.4 L'applicazione di tiranti o di puntoni

La messa in opera di un ordine di tiranti va generalmente simulata con uno step a se stante, se non altro per poter valutare le conseguenze di questa variazione, al netto di altri effetti collaterali di disturbo.

L'applicazione di un tirante, di solito, viene preceduta da una fase nella quale lo scavo è approfondito appena al di sotto della quota di inserimento dell'ancoraggio. In questo modo il vero processo realizzativo è simulato in modo abbastanza fedele. Invece, attivando il tirante contemporaneamente all'approfondimento dello scavo, si perde la possibilità di valutare una fase intermedia che talora potrebbe essere critica.

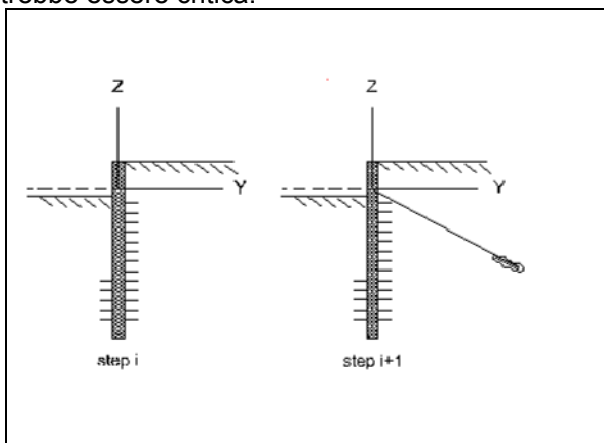


Figura 22 – applicazione tiranti

Il tirante applicato è una molla che diviene attiva a partire da questo step e che può eventualmente essere rimosso in seguito. La sua applicazione provoca nel modello due effetti:

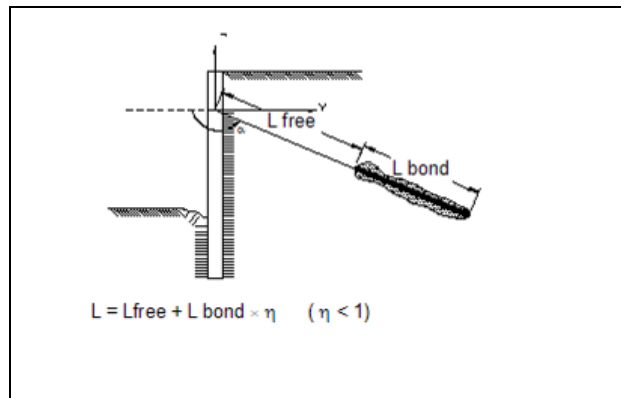
1. sorge una forza al nodo di applicazione del tirante, forza dovuta allo stato di coazione (la pretensione) con cui l'elemento nasce;
2. la rigidezza globale della struttura riceve un contributo dovuto alla rigidezza estensionale del tirante stesso. Quando, nelle fasi successive, il nodo ove il tirante è connesso, subirà ulteriori spostamenti, la forza nel tirante subirà mutamenti.

Un tirante attivo viene caratterizzato anche da una rigidezza assiale data da un'espressione del tipo:

$$K=E(A/L)$$

ove  $E$  è il modulo elastico della barra,  $A$  della barra nel tratto deformabile e  $L$  la lunghezza del tratto deformabile del tirante, che può essere stimata come indicato nella figura che segue.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



**Figura 23 - applicazione tiranti**

#### **6.2.2.5 Applicazione di carichi esterni e vincoli**

Generalmente la simulazione del processo realizzativo di un diaframma non necessita la definizione di forze esterne. La struttura è sollecitata dalla differente distribuzione di coazioni negli elementi terreno a monte e a valle della paratia.

È comunque possibile definire anche forze laterali esterne, concentrate e distribuite, facendole variare durante le varie fasi.

Infine conviene ricordare che i sovraccarichi verticali non vengono trattati come carichi esterni, ma servono esclusivamente a determinare uno stato geostatico nel terreno.

Quanto all'imposizione di condizioni di vincolo, paratie permette di specificare condizioni al contorno che impongono un ben preciso valore di spostamento o rotazione (assoluta o incrementale rispetto al passo di attivazione del vincolo) ad una generica quota. Questa opzione può essere usata per svariati scopi, tra i quali:

simulazione di puntelli rigidi;

simulazione di tiranti attivi, in una fase di predimensionamento.

### **6.3 VERIFICA DELLA PARATIA**

Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche allo stato limite di esercizio e agli stati limite ultimi



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

implementati per l'opera in oggetto.

Per un quadro di dettaglio di tutti i parametri presi a riferimento e delle verifiche implementate si rimanda all'apposito capitolo inerente ai tabulati di calcolo.

### 6.3.1 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO:

Allo stato limite di esercizio vengono analizzati gli spostamenti dell'opera, vengono condotte verifiche accertando che le tensioni di esercizio siano inferiori a quelle ammissibili per il materiale. In fine per configurazioni di carico quasi permanenti viene verificata la fessurazione della sezione.

#### Spostamenti

Risulta che in condizioni statiche lo spostamento massimo si ha in testa al muro, e tale valore è stimato in 1.2 cm.

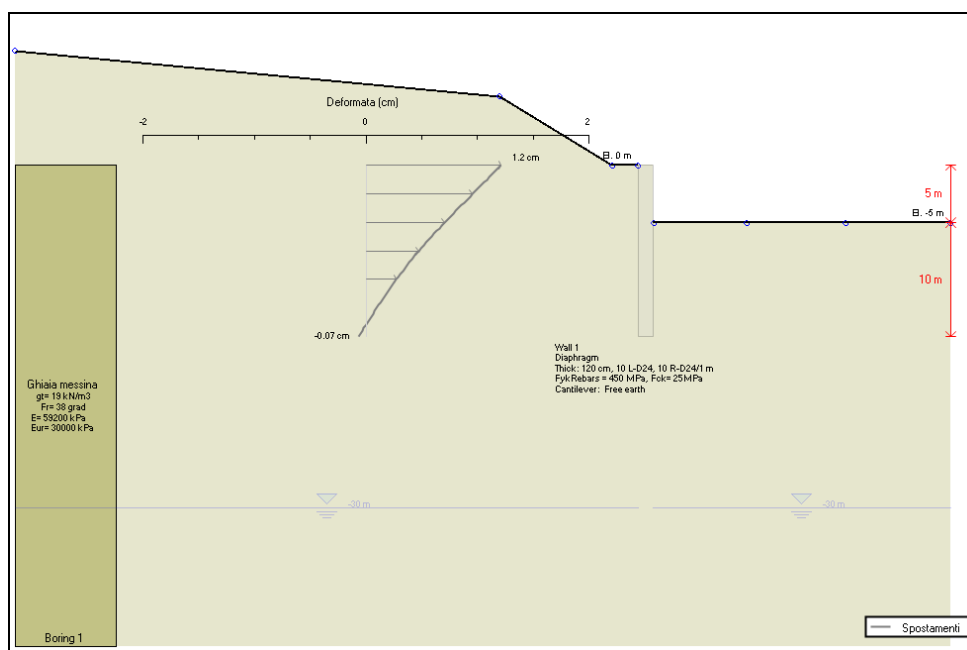
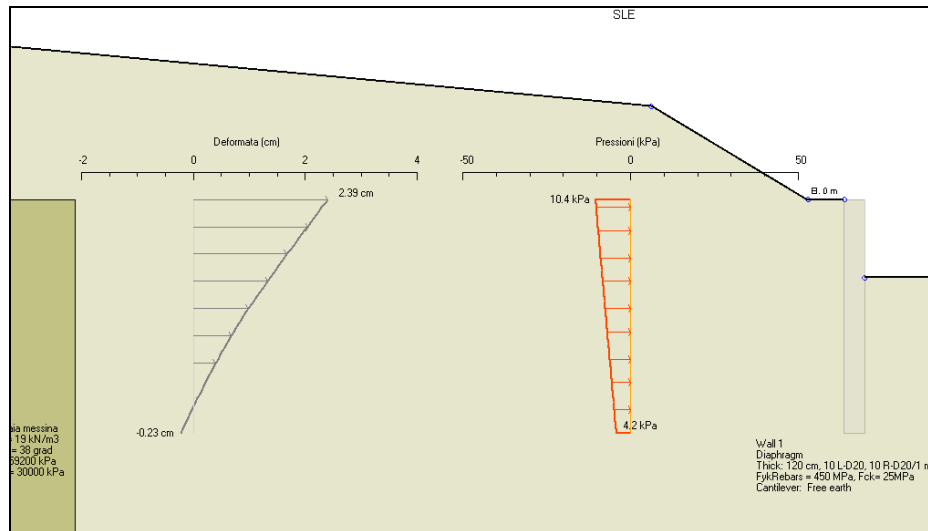


Figura 24 – spostamenti SLE

Sono stati anche analizzati gli spostamenti che si prevedono a seguito dell'evento sismico di progetto, valutato, come descritto in precedenza, allo stato limite di danno su un periodo di riferimento di 75 anni.



**Figura 25 – spostamenti SLE + sisma**

In questo caso gli spostamenti massi attesi si attestano in 2.39 cm e si verificano naturalmente in testa al diaframma; questi spostamenti risultano essere congrui con l'opera in oggetto dal momento che risultano essere inferiori al massimo consentito:

$$2.4 \text{ cm} < 0.005 \times H = 0.005 \times 15 \text{ m} = 7.5 \text{ cm}$$

### Verifica tensionale ed a fessurazione

Le verifiche a tensione vengono implementate documentando che in fase di esercizio le tensioni non superino quelle ammissibili per i materiali.

In questo caso

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \text{ (combinazione rara)} = 149.40 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \text{ (combinazione quasi permanente)} = 112.05 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \text{ (combinazione rara)} = 3150 \text{ daN/cm}^2 \text{ (calcolata cautelativamente in funzione della } f_{yd})$$

La verifica a fessurazione viene eseguita per la combinazione di carico quasi permanente. In funzione della classe di esposizione (XC2, quindi ordinarie), e considerando armature poco sensibili si assume come stato limite di apertura delle fessure il w2, con un limite di apertura inferiore a 0.3 mm.

Di seguito le sollecitazioni massime risultanti dalle verifiche statiche e con sisma valutato allo stato

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

limite di danno. Nelle verifiche viene trascurato lo sforzo normale dovuto al peso proprio della struttura.

	<b>z</b>	<b>N</b>	<b>M</b>
	m	kN/m	kNm/m
<b>SLE</b>	-8	0	246.79
<b>SLD</b>	-8	0	473.37

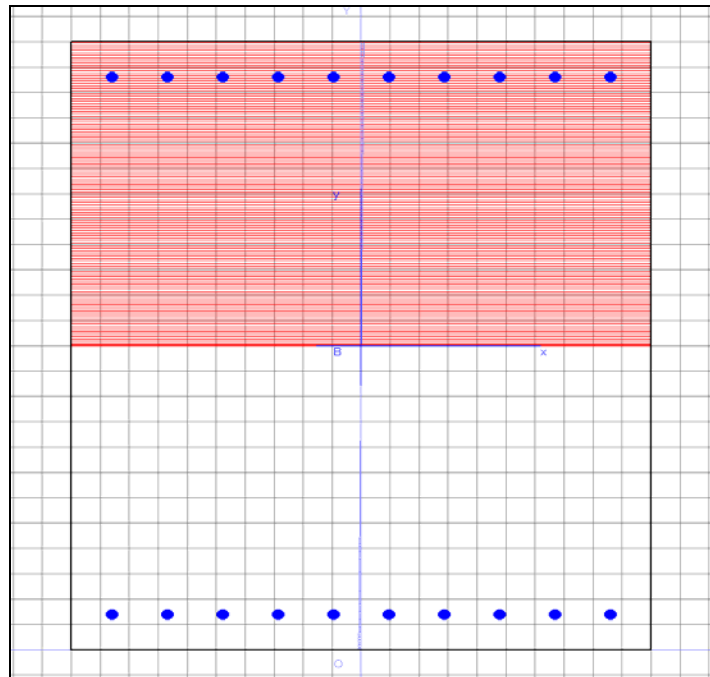
Di seguito si riportano le verifiche tensionali e a fessurazione delle sezioni di calcolo. Le verifiche sono state condotte al metro lineare di sviluppo dell'opera.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO	-	Classe: C25/30	
		Resis. compr. di calcolo fcd :	119.94 daN/cm <sup>2</sup>
		Resis. traz. di calcolo fctd:	11.94 daN/cm <sup>2</sup>
		Modulo Elastico Normale Ec :	314472 daN/cm <sup>2</sup>
		Coeff. di Poisson :	0.20
		Resis. media a trazione fctm:	25.58 daN/cm <sup>2</sup>
		Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
		Combinazioni Rare in Esercizio	
		Sc Limite :	149.40 daN/cm <sup>2</sup>
		Apert.Fess.Limite :	Non prevista
		Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio	
		Sc Limite :	112.05 daN/cm <sup>2</sup>
		Apert.Fess.Limite :	0.300 mm
ACCIAIO	-	Tipo: B450C	
		Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Deform. ultima di calcolo Epu:	0.010
		Modulo Elastico Ef :	2060000 daN/cm <sup>2</sup>
		Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
		Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
		Comb.Rare Sf Limite :	3150.0 daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0 cm	
Altezza:	120.0 cm	
Barre inferiori	:	10Ø20 (31.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori	:	10Ø20 (31.4 cm <sup>2</sup> )
Copriferro barre inf.(dal baric. barre)	7.0 cm	
Copriferro barre sup.(dal baric. barre)	7.0 cm	



**Figura 26 – SLE comb rara**

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	24679

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni  
Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.7	120.0	-115	113.0	0	0	0.125	0.00

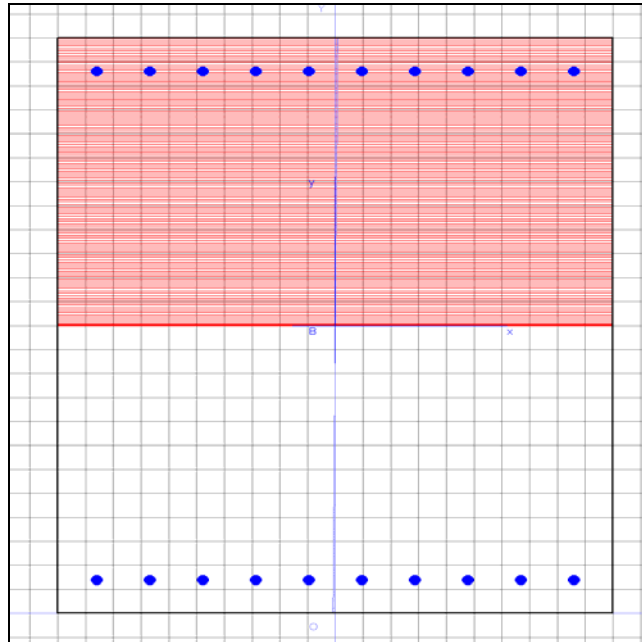


Figura 27 – SLE comb quasi permanente

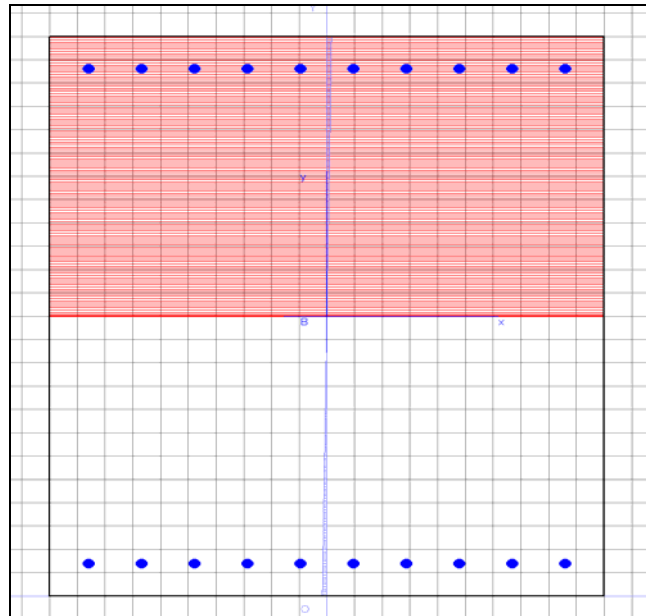
**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	24679

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.7	120.0	-115	113.0	0	0	0.125	0.00



**Figura 28 – SLD rara**

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

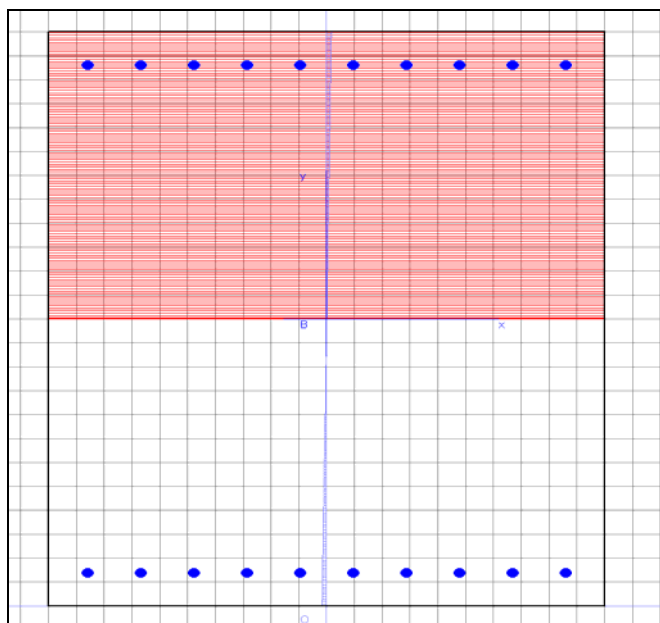
N.Comb.	N	Mx
1	0	47337

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni  
Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	16.7	120.0	-221	113.0	0	0	0.125	0.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



**Figura 29 – SLD quasi permanenti**

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	

N.Comb.	N	Mx
1	0	47337

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	16.7	120.0	-221	113.0	0	0	0.125	0.00

Come si evince dalle tabelle le verifiche risultano soddisfatte.

### 6.3.2 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO (GEO):

#### Verifica collasso per rotazione intorno ad un punto

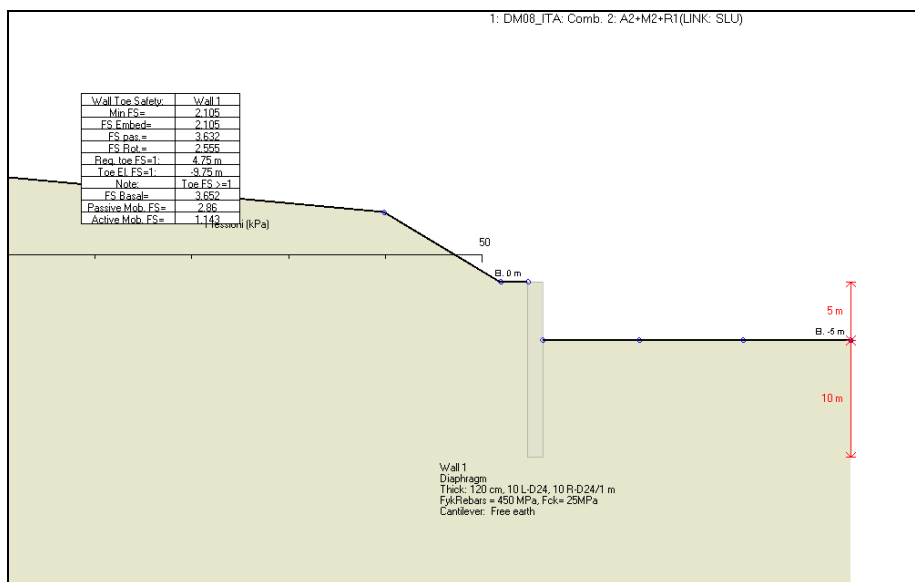
In queste condizioni è stata analizzata la stabilità globale dell'opera, ed anche in questo caso i coefficienti di sicurezza sono stati valutati sia in condizioni statiche che dinamiche.

In assenza di carichi accidentali di progetto, il coefficiente minimo si verifica naturalmente nell'analisi del caso sismico.

- Analisi statica:  $FS_{min} = 2.11$
- Analisi sismica:  $FS_{min} = 1.29$

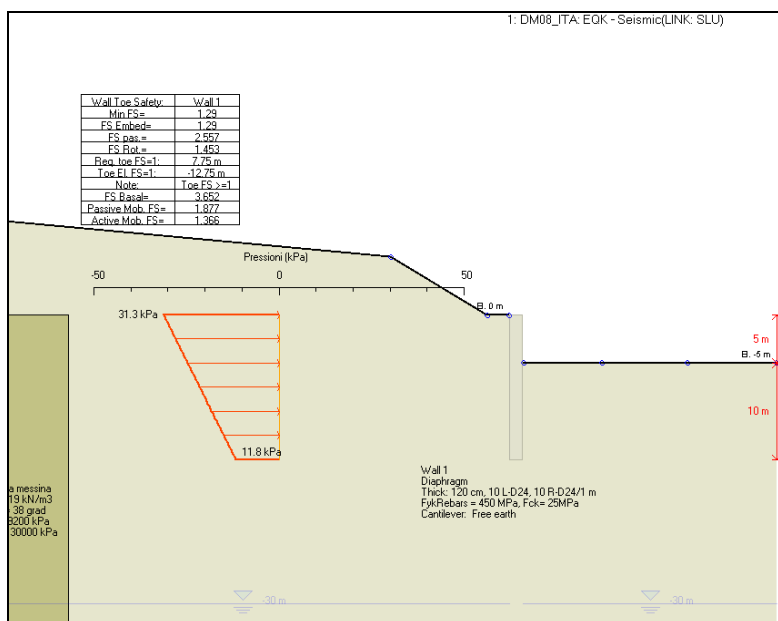
Il valore ottenuto garantisce comunque un adeguato margine di sicurezza.

Nelle immagini seguenti si riportano i coefficienti ottenuti a seguito della modellazione.



**Figura 30 – FS statico**





**Figura 31 – FS in caso sismico**

### Verifica di stabilità globale terreno-opera

Si è ritenuto opportuno svolgere la verifica di equilibrio globale terreno-opera.

Tale analisi è stata condotta considerando la combinazione A2+M2+R2, sia per il caso statico che per il caso sismico.

La verifica ha è stata condotta sia nel caso statico che nel caso sismico, implementando il metodo di Bishop individuando una superficie di scorrimento circolare.

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate; vengono pertanto introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (  $c$  ) e angolo di resistenza al taglio (  $\varphi$  ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Metodo 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 vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza  $F = \tau_f / \tau$ .

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

### Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

$n$  valori delle forze normali  $N_j$  agenti sulla base di ciascun concio;

$n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_j$

$(n-1)$  forze normali  $E_j$  agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$  forze tangenziali  $X_j$  agenti sull'interfaccia dei conci;

$n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_j$ ;

$(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_j$ ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

*mentre le equazioni a disposizione sono:*

Equazioni di equilibrio dei momenti  $n$

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$

Equazioni relative al criterio di rottura  $n$

Totale numero di equazioni  $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quando si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

### **Metodo di BISHOP (1955)**

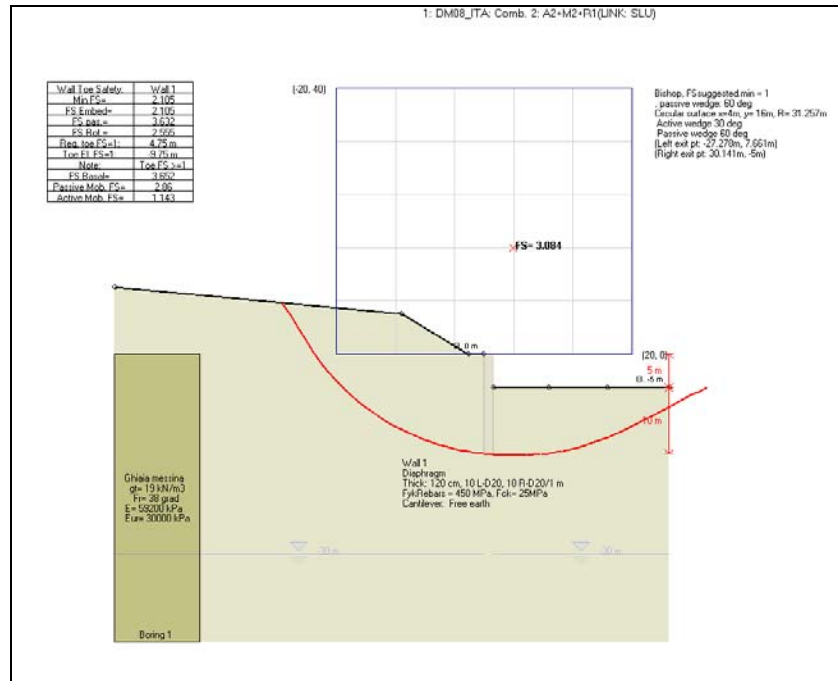
Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

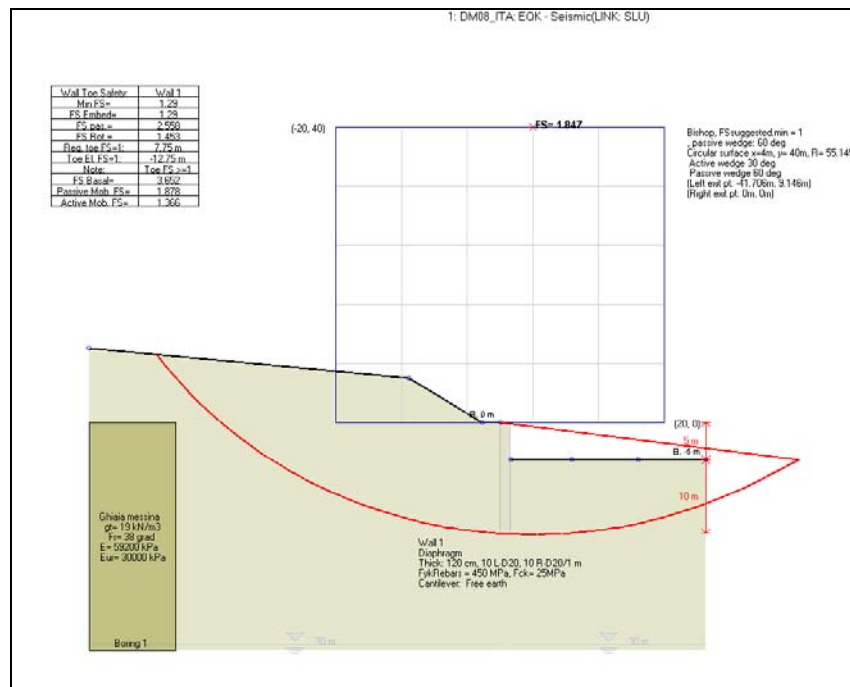
$\Sigma F_V = 0, \Sigma M_O = 0$ , Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \left\{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \right\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



**Figura 32 – equilibrio limite globale analisi statica**



**Figura 33 – equilibrio limite globale – sismica**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le verifiche implementate restituiscono quindi come valori del coefficiente di sicurezza nei riguardi dell'equilibrio globale:

- Analisi statica:  $FS_{\min} = 3.08$
- Analisi sismica:  $FS_{\min} = 1.84$

### 6.3.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO (STR):

Nella configurazione A1+M1 vengono eseguite le verifiche sugli elementi strutturali.

Analogamente a quanto emerso nella verifica GEO, anche in questo caso l'assenza di carichi accidentali fa sì che la condizione dimensionante per le strutture sia quella sismica.

Gli elementi strutturali, risultano avere un tasso di sfruttamento contenuto in condizioni statiche, mentre raggiungerà i valori massimi in concomitanza all'evento sismico di progetto.

Risulta quindi un tasso di sfruttamento pari al 24% in condizioni statiche, tasso che passa al 71% in concomitanza all'evento sismico.

La sezione è prevista armata longitudinalmente con  $10 + 10 \phi 20$ /metro ed a taglio con staffe a due braccia  $\phi 16$  con spaziatura verticale 20 cm.

#### Verifica a pressoflessione

In queste verifiche si è trascurato il contributo in termini di sforzo normale dal peso della struttura sovrastante alla sezione di calcolo.

	<b>z</b>	<b>N</b>	<b>M</b>
	m	KN/m	kNm/m
<b>SLU A1+M1</b>	-8	0	322.74
<b>SISMA SLV</b>	-8.5	0	946.21

Di seguito si riportano le calcolazioni.

Le verifiche sono state condotte al metro lineare di sviluppo dell'opera.

#### **CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO - Classe: C25/30  
Resis. compr. di calcolo  $f_{cd}$  : 119.94 daN/cm<sup>2</sup>  
Resis. traz. di calcolo  $f_{ctd}$  : 11.94 daN/cm<sup>2</sup>

**SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE**

*Codice documento*  
SF0262\_F0

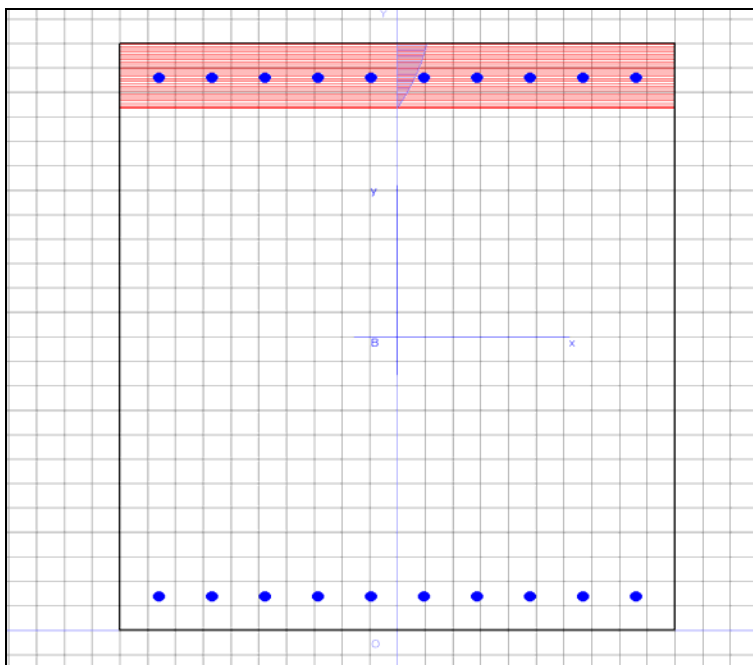
<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

Modulo Elastico Normale $E_c$ :	314472 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :	25.58 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio	
Sc Limite :	149.40 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio	
Sc Limite :	112.05 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.200 mm

ACCIAIO	-	Tipo: B450C	
		Resist. caratt. snervam. $f_{yk}$ :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Resist. caratt. rottura $f_{tk}$ :	5400.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Resist. snerv. di calcolo $f_{yd}$ :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Resist. ultima di calcolo $f_{td}$ :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Deform. ultima di calcolo $E_{pu}$ :	0.010
		Modulo Elastico $E_f$ :	2060000 daN/cm <sup>2</sup>
		Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
		Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
		Comb.Rare $S_f$ Limite :	3150.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0 cm	
Altezza:	120.0 cm	
Barre inferiori	:	10Ø20 (31.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori	:	10Ø20 (31.4 cm <sup>2</sup> )
Copriferro barre inf.(dal baric. barre)	:	7.0 cm
Copriferro barre sup.(dal baric. barre)	:	7.0 cm



**Figura 34 – SLU A1+M1 statica**

SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	Codice documento	Rev	Data
	SF0262_F0	F0	20/06/2011

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

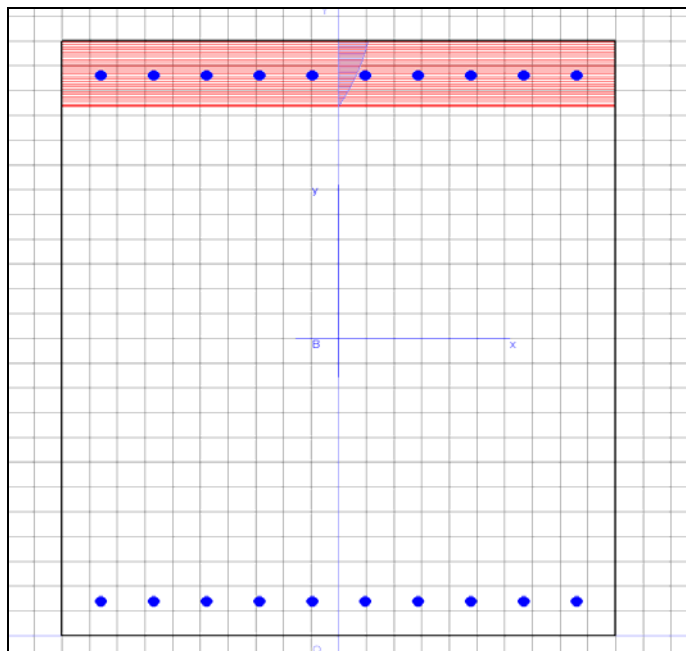
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	32274	0	0

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico								
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$								
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.								
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)								
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue								
N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	32274	-16	132162	4.095	106.7	0.12	0.70

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione						
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace						
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)						
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)						
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)						
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00133	-0.00383	120.0	0.00063	113.0	-0.01000	7.0



**Figura 35 – SLU sisma**

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	94621	0	0

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico								
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.								
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)								
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue								

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	94621	-16	132162	1.397	106.7	0.12	0.70

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$Y_c$  max      Ordinata in cm della fibra corrisp. a  $e_c$  max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 $e_f$  min      Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 $Y_f$  min      Ordinata in cm della barra corrisp. a  $e_f$  min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 $e_f$  max      Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
 $Y_f$  max      Ordinata in cm della barra corrisp. a  $e_f$  max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	$e_c$ max	$e_c$ 3/7	$Y_c$ max	$e_f$ min	$Y_f$ min	$e_f$ max	$Y_f$ max
1	0.00133	-0.00383	120.0	0.00063	113.0	-0.01000	7.0

### Verifica a taglio

Di seguito si riportano i risultati ottenuti in seguito alle verifiche a taglio sulla sezione di progetto. L'armatura a taglio prevista consiste il staffe a due braccia F16 mm e con spaziatura verticale 20 cm. Avendo condotto tutte le verifiche al metro lineare, si è proceduto in modo analogo avendo l'accortezza di considerare il numero di bracci come proporzione sui 2.5 m previsti per il diaframma, da cui risultano 0.9 bracci/metro

Di seguito i valori massimi desunti dalle verifiche

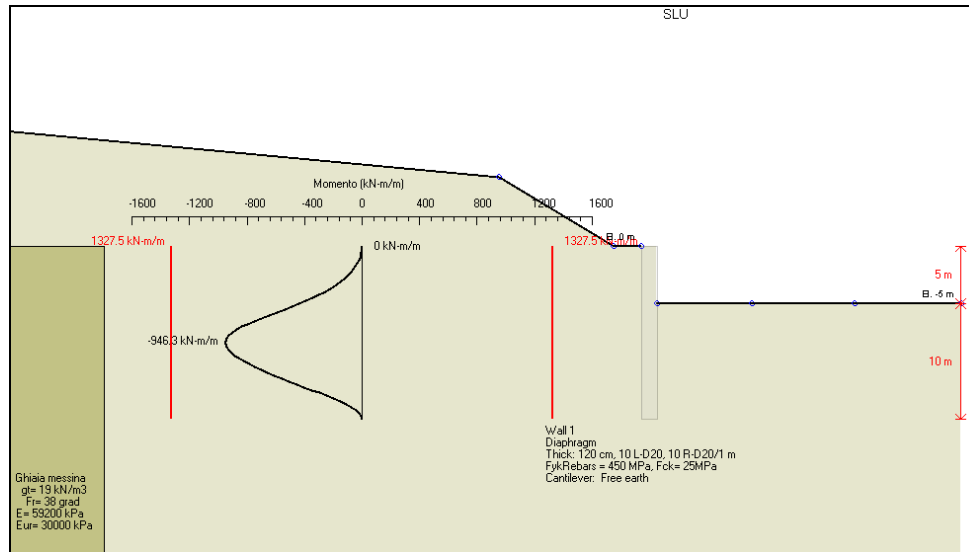
	<b>z</b>	<b>T</b>
	m	KN/m
<b>SLU A1+M1</b>	-5.5	96.9
<b>SISMA SLV</b>	-5.5	212.6

E la verifica delle armature previste, dove i simboli sono quelli spiegati al precedente capitolo 4.

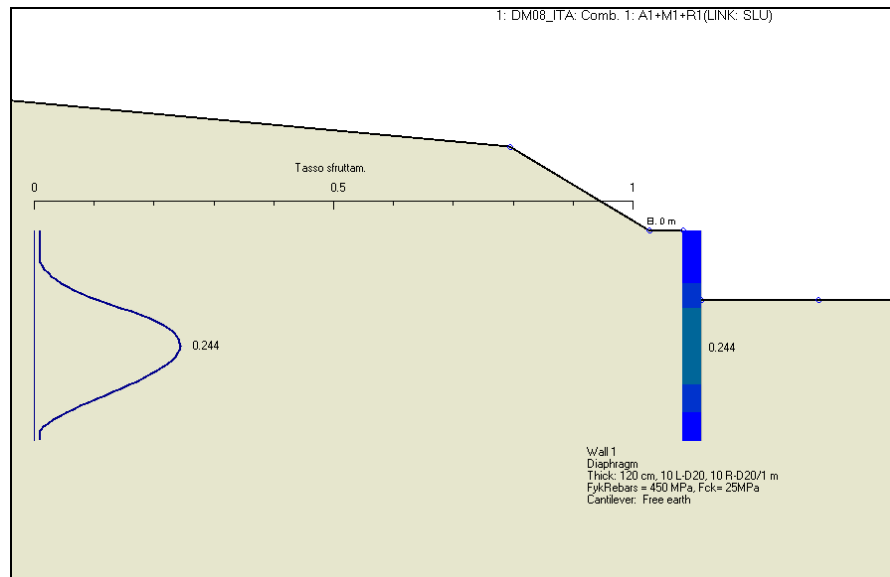
$d = 1138$  Mm  
 $A_{sw} = 181$  Mmq       $\phi_{st} = 16$   
 $s$  (passo) =  $200$  Mm      bracci =  $0.9$   
 $f_{yd} = 391.3$  N/mmq  
 $\alpha = 90^\circ$        $1.571$  radianti  
 $\theta = 45^\circ$        $0.785$  radianti  
 $b_w = 1000$  Mm  
 $\alpha_c = 1$   
 $f_{cd} = 14.11$  N/mmq  
 $v_1 = 0.5$

$V_{Rsd} =$	362.61 kN
$V_{Rcd} =$	3612.87 kN

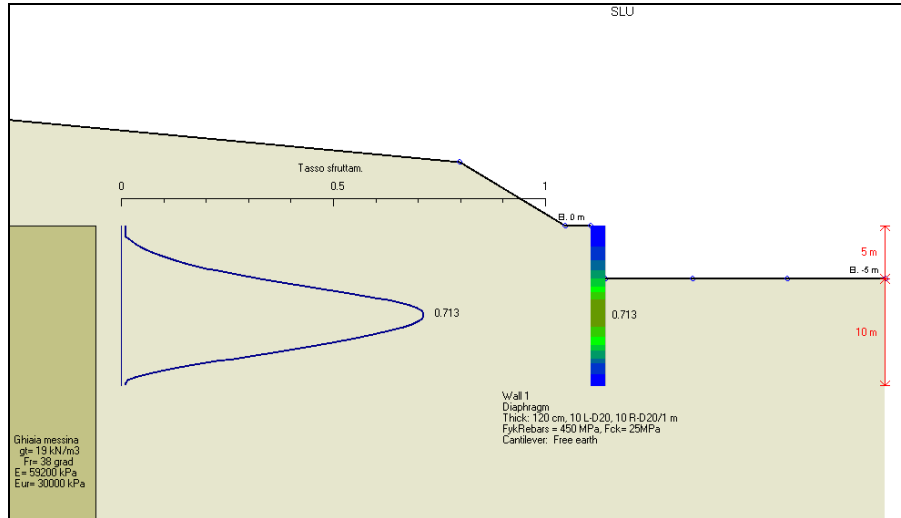




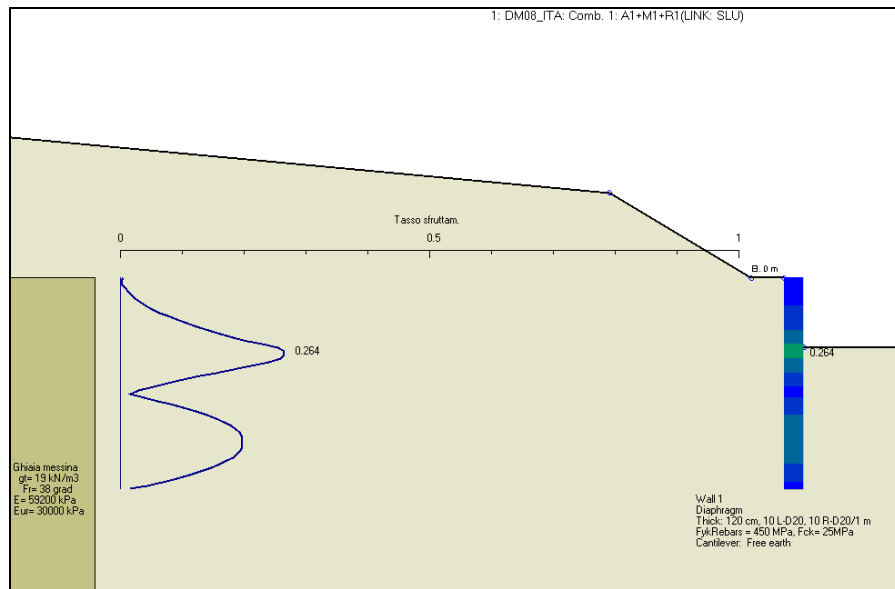
**Figura 37 – Andamento M caso sismico**



**Figura 38 – tasso sfruttamento diaframma caso statico**



**Figura 39 – tasso sfruttamento caso sismico**



**Figura 40 – tasso sfruttamento armatura a taglio – statica**

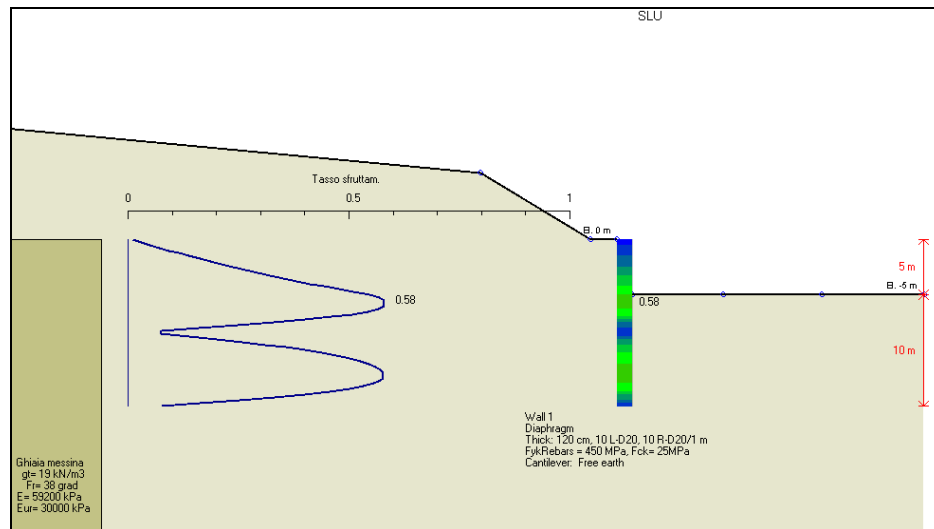


Figura 41 - tasso sfruttamento armatura a taglio – sismica

## 7 TABULATI DI CALCOLO PARATIA

Di seguito si riportano i tabulati di calcolo relativi alla paratia oggetto della relazione.

Sono implementati sia gli stati limite di esercizio che gli stati limite ultimi, in particolare per questi ultimi partendo dal modello denominato SLU (impostato in modo da analizzare il sisma allo SLV) vengono generate a cascata le combinazioni previste dalla normativa.

Per semplicità inoltre sono stati riportati di seguito gli output di tutte le fasi analizzate solo allo stato limite di esercizio, per le restanti combinazioni si riportano i tabulati della sola fase 3.

Rispetto a quanto descritto nelle fasi realizzative, la fase 3 risulta aggiunta. Questo perché è stata prevista per poter inserire l'azione sismica laddove sia da prevedere, mentre non comporta cambiamenti rispetto alla fase 2 nelle analisi statiche.

*Progetto: My Project  
Risultati per la Design Section 0: SLE*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Stage	Design Code	Design Case	F(tan)	F	F	F	F(perm)	F(temp)	F(perm)	F(temp)	F Earth	F Earth	F GWT	F GWT	F HYD	F HYD	F UPL	F UPL
	Name		fr	(c')	(Su)	(EQ)	load	load	sup	sup	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)
ALL	SLE	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ALL	DM08_ITA	Comb. 1: A1+M1+R1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su'=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore azione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

#### DATI TERRENO

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	Springs	Springs	Springs	Springs		Model	
F	18.84	18.84	30	0	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
O1	16.48	14.13	0	19.16	0	0	0	2874	8622	1	1	1	1	True	Linear	
O2	17.27	15.7	28	0	N/A	N/A	N/A	7185	21555	0.36	2.77	N/A	N/A	True	Linear	
S1	19.62	16.48	34	0	N/A	N/A	N/A	19160	57480	0.28	3.54	N/A	N/A	True	Linear	
V	19.62	16.48	28	14.37	71.85	28	28	14370	43110	0.36	2.77	0.36	2.77	True	Linear	
GT	20.41	17.27	36	9.58	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.26	3.85	N/A	N/A	True	Linear	
R	26.69	25.12	30	95.8	N/A	N/A	N/A	479000	1437000	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
Ghiaia messina	19	19	38	0	N/A	N/A	N/A	59200	30000	0.24	4.2	N/A	N/A	True	Linear	

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco  
 Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco  
 Spring models= modalit  di definizione dei moduli di rigidezza molle terreno (LIN, EXP, SIMC)  
 LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico  
 EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo  
 SIMC= Modo semplificato per argille

### STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato  
 Soil type=nome del terreno  
 OCR=rappporto di sovraconsolidazione  
 K0=coefficiente di spinta a riposo  
 Nome: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	Ghiaia messina	1	0.38

### DATI GENERALI RELATIVI A MATERIALI E PROPRIETA MECCANICHE ELEMENTI STRUTTURALI

#### Acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Fu (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)
A-36	248.3	469	200100	77.0046
A-50	344.8	510	200100	77.0046

#### Calcestruzzo

Name	Strength Fc' (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)	Tension Strength Ft (MPa)
C28/35	28	32308	25	10
4 ksi Concrete	27.6	24874.5	23.5728	10
5 ksi Concrete	34.5	27810.5	23.5728	10
C25/30	25	31476	25	10

#### Barre in acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Elastic E (MPa)
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
Grade 75	517.2	200100
Grade 80	551.7	200100
Grade 150	1034.5	200100
Strands 270 ksi	1862.1	200100
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
B450C	450	210000

#### Legno

Name	Ultimate Bending Srtength Fbu (MPa)	Ultimate Tensile Strength FtU (MPa)	Ultimate Shear Strength Fvu (MPa)	Density g (kN/m3)	Elastic E (MPa)
Construction Timber	11	9.7	5.5	7.8576	6900
Regular grade	6.9	6.9	4.1	7.8576	5520

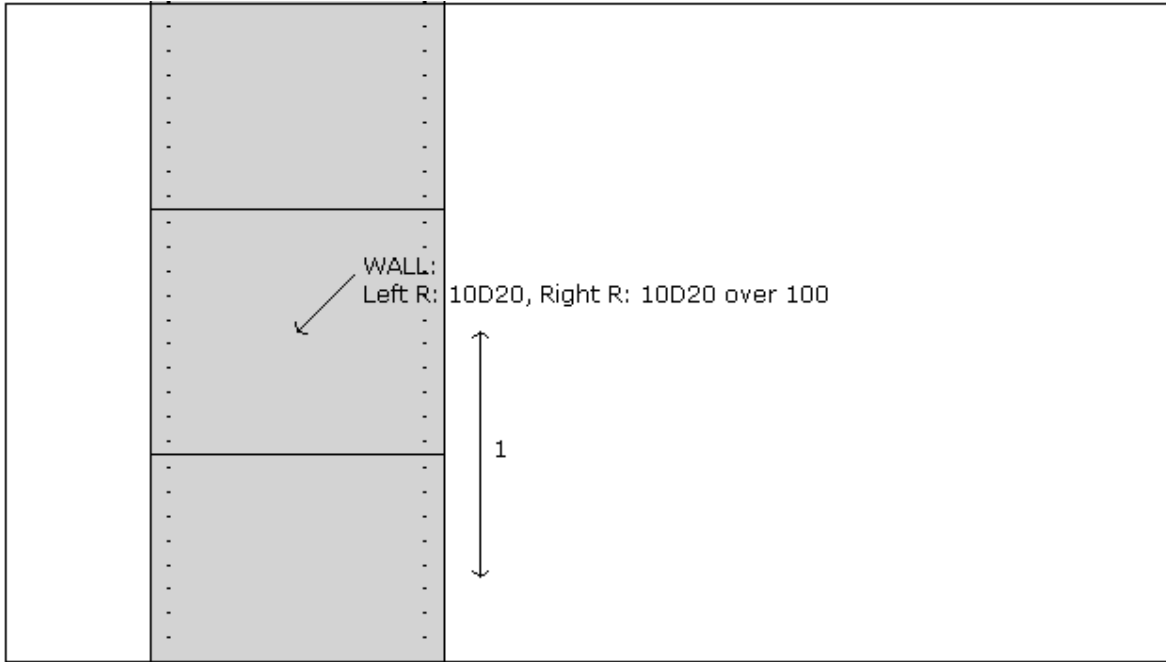
STEEL=acciaio  
 Name=nome materiale  
 strength fy=fyk=res caratteristica acciaio  
 Fu=fuk=resistenza ultima  
 Elastic E=modulo elastico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Density g=peso specifico  
CONCRETE=calcestruzzo  
Name=nome materiale  
f'c=fck=resistenza cilindrica a compressione caratteristica cls  
Elastic E=modulo elastico  
Density g=peso specifico  
Tension strength=ft=fctk=resistenza a trazione caratteristica  
STEEL REBAR  
Name=nome materiale  
strength fy=fyk=resistenza caratteristica acciaio  
Elastic E=modulo elastico  
WOOD=legno  
Name=nome materiale  
Ultimate bending strength Fb=fbk=resistenza caratteristica a flessione  
Ultimate tensile strength Ft=ftuk=res. caratt. parallela alle fibre  
Ultimate shear strength Fvu=fvuk=res. caratt. a taglio  
Density g=peso specifico  
Elastic E=modulo elastico

#### PROPRIETA' SEZIONI TRAVI DI RIPARTIZIONE

Sezioni paratia0: Wall 1

		
Societa': DAM Progettista: Engineer	<b>Wall sketch</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011
W:\PR...IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTORIA 2011\PM\StazElet.DEEP		2/17/2011

Sezioni paratia0: paratia  
Tipo paratia: Diaframma  
Quota sommita' paratia: 0 m Quota piede paratia: -15 m  
Dimensione fuori piano paratia: 1 Spessore paratia = 1.2  
Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1  
fc' cls = 25 Fy barre = 450 Ecls = 31476 FcT calcestruzzo a trazione = 10% di Fc'



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

fy profilati in acciaio = 248.3 Eacciaio = 200100

Attrito paratia: Ignorato

Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con NTC 2008

Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con ACI 318-2002.

Nota: con la capacita' ultima si dovrebbe adottare un fattore di sicurezza strutturale.

Diaframma

Tabella: dati solette

Name	Shape	Fy	Fc'	D	B	Bw	tf	Ctop	Cbot	AsTop	AsBot	A	Pmax	Mmax
		(MPa)	(MPa)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kN-m)
paratia	Rect	450	25	120	100	N/A	N/A	7.6	7.6	31.4	31.4	12000	0	0

#### PROPRIETA' GENERALI

Le travi di ripartizione sono utilizzate sui supporti come elementi strutturali ma non vengono inclusi nel calcolo della rigidezza della paratia.

f'c=fck= resistenza cilindrica del calcestruzzo

fyk=fy= resistenza caratteristica acciaio

fy= resistenza caratteristica barre di armatura

TABELLA DEI PARAMETRI (parametri principali)

1) Tutte le travi di ripartizione in calcestruzzo hanno sezione rettangolare

N/A= dato non disponibile

Fy=fyk

F'c=fck

D= altezza della trave

B= larghezza della trave

2) Proprieta' della trave in acciaio

W= peso per unita' di lunghezza

A= area

D= diametro

tw= spessore anima

tp= spessore tubo

bf= larghezza ala

tf= spessore ala

k= spessore flangia

Ixx= modulo di inerzia asse forte (per unita' di lunghezza)

Sxx= momento statico asse forte (per unita' di lunghezza)

rx= raggio giratore di inerzia - asse X

ry= raggio giratore di inerzia - asse Y

Iyy= modulo di inerzia asse debole (per unita' di lunghezza)

Syy= momento statico asse debole (per unita' di lunghezza)



rT= raggio giratore per la torsione

Cw= costante di ingobbimento

#### PARAMETRI DI CALCOLO PER SINGOLA FASE

Sommario delle assunzioni dell'ultima fase

Name	Analysis	Drive	ka-Mult	Htr T/B	Resist	Res	Contlever	Support	Axial	Used	Min Toe	Toe	Toe
	Method	Press		(%)	Press	Mult	Method	Model	Incl	FSwall	FDtoe	FSrot	FSpas
Stage 0	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	True	1	60	2797568.801	1377010.205
Stage 1	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	True	1	7.143	9.384	N/A
Stage 2	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	True	1	3.077	4.804	N/A
Stage 3	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	True	1	2.222	3.476	5.582

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Name=nome fase

-----  
Analysis method=metodo di calcolo

COntventional=analisi all'equilibriolimito  
springs UP=analisi non lineare (schema a molle elasto plastiche)  
DR=analisi per terreni tipo argilla in condizione drenata  
U=analisi per terreni tipo argilla in condizione NON drenata  
Up=analisi non drenata solo per i terreni selezionati

-----  
Drive press=Ka=spinta terreno attiva

ka mult=eventuale moltiplicatore Ka  
Htr T/B (%)=schema pressione attiva di tipo trapezoidale  
Resit press=Kp=spinta terreno passiva  
Res Mult=eventuale moltiplicatore Kp  
COntle Method=  
Support Model=tipologia vincoli fissi (fixed=fissi)  
Axial Incl=se azione assiale inclusa  
Used FS wall=coeff di riduzione dominio MN  
Min FD TOe=sicurezza minima per infissione (analisi classica)  
Toe FS rot=sicurezza a rotazione (analisi classica)  
Toe FSpas=sicurezza sulle pressioni agenti/resistenti (analisi classica)

#### **GRAFICI FASI DI SCAVO**

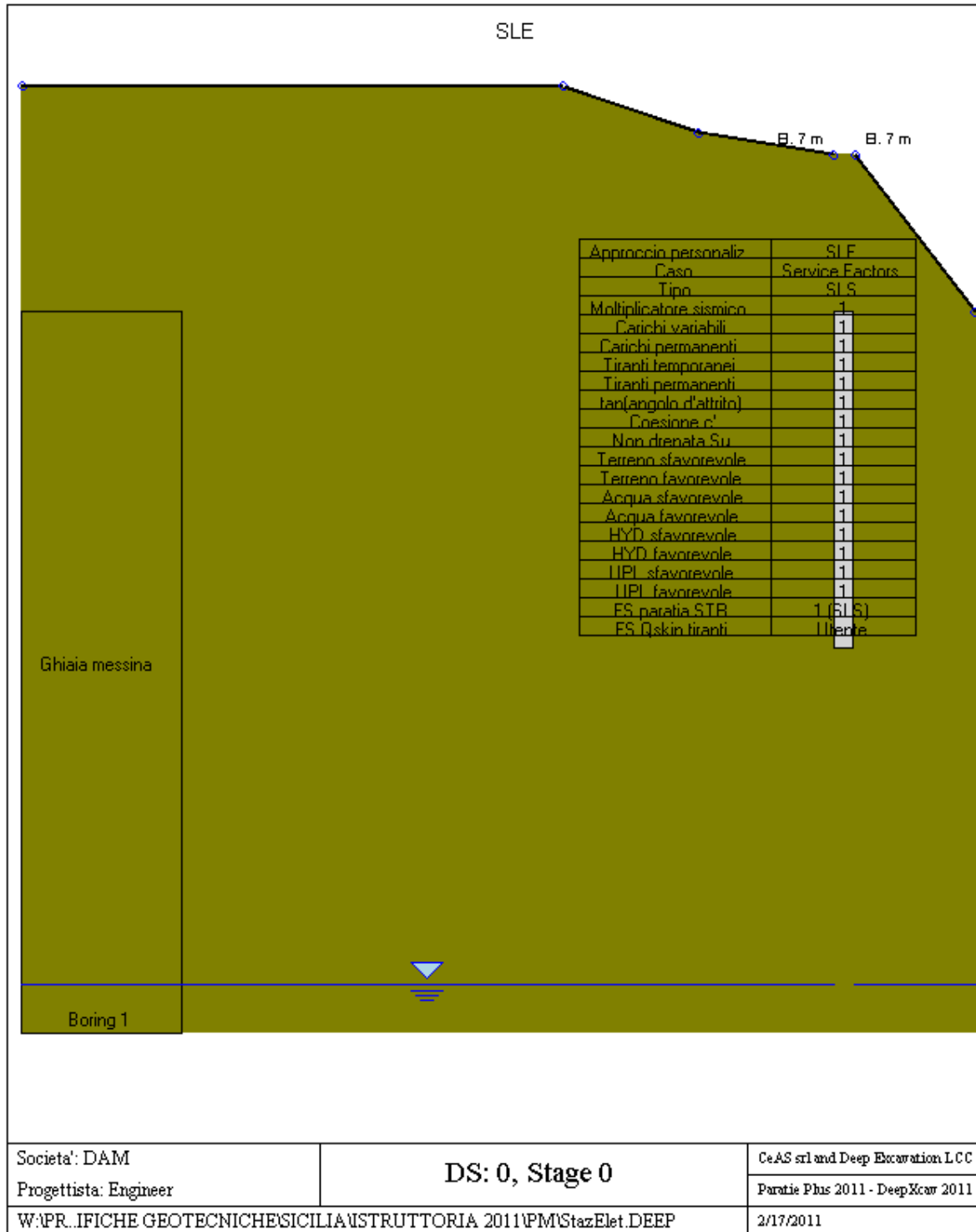
Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.

SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev  
F0

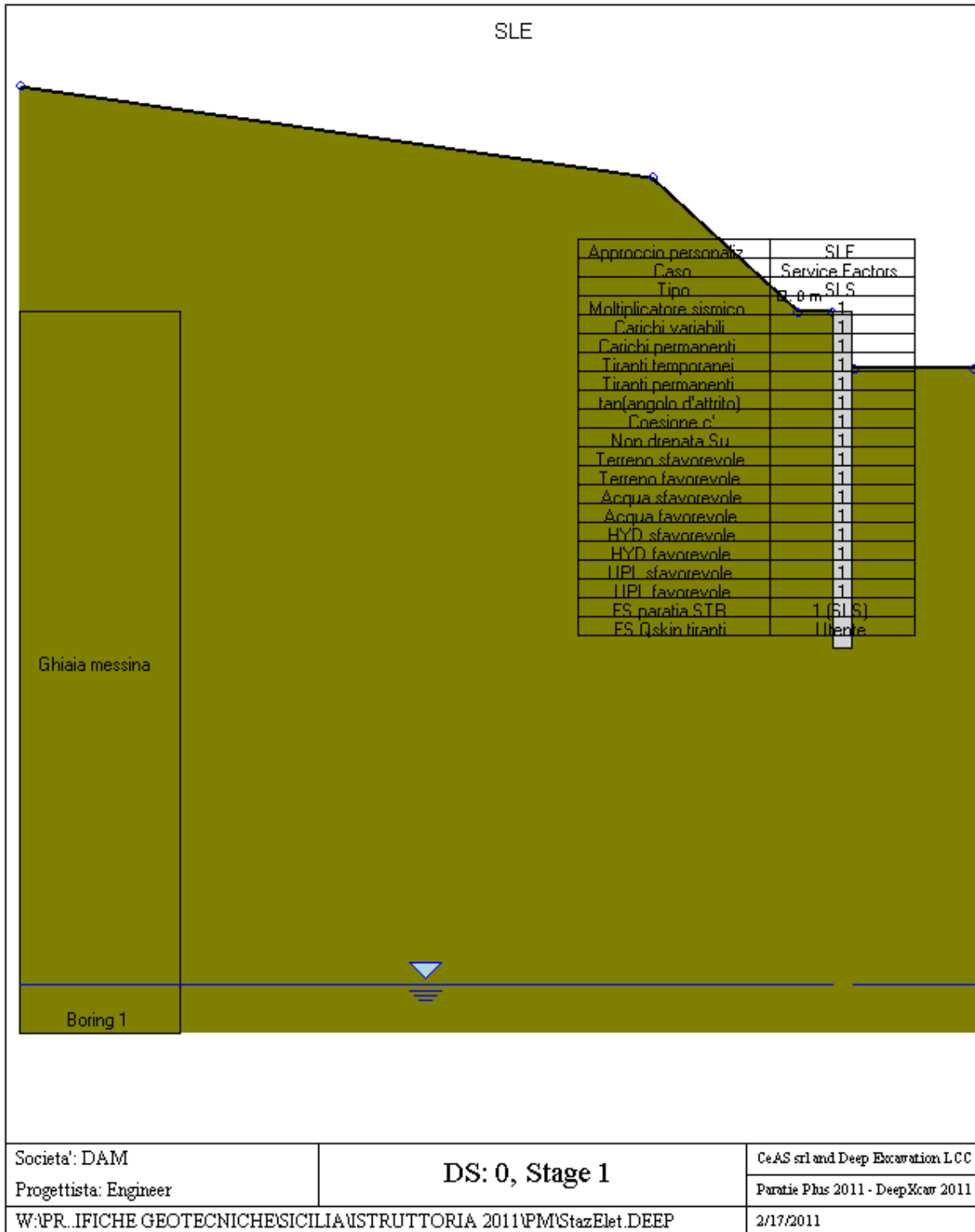
Data  
20/06/2011



SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

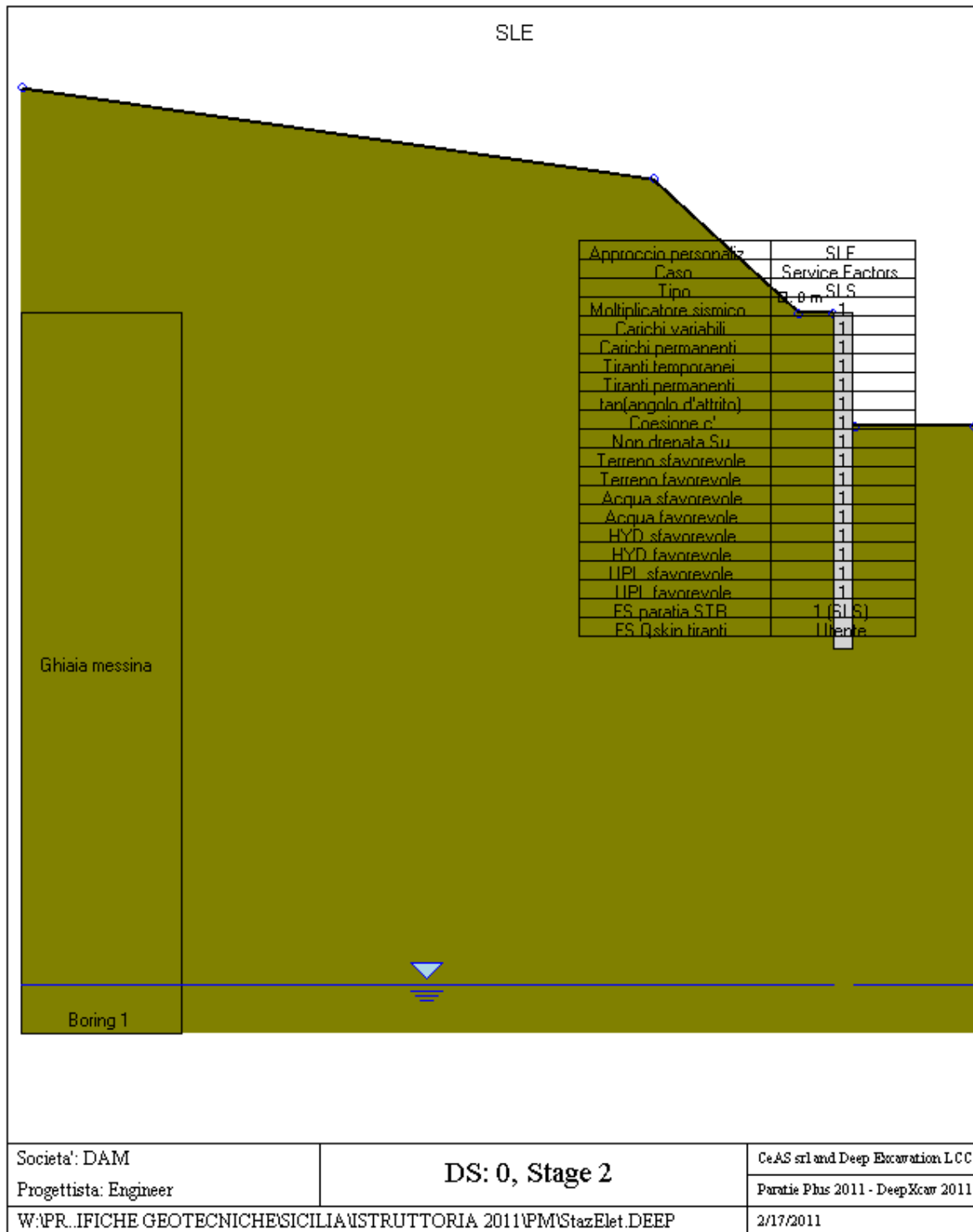
Rev	Data
F0	20/06/2011



SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

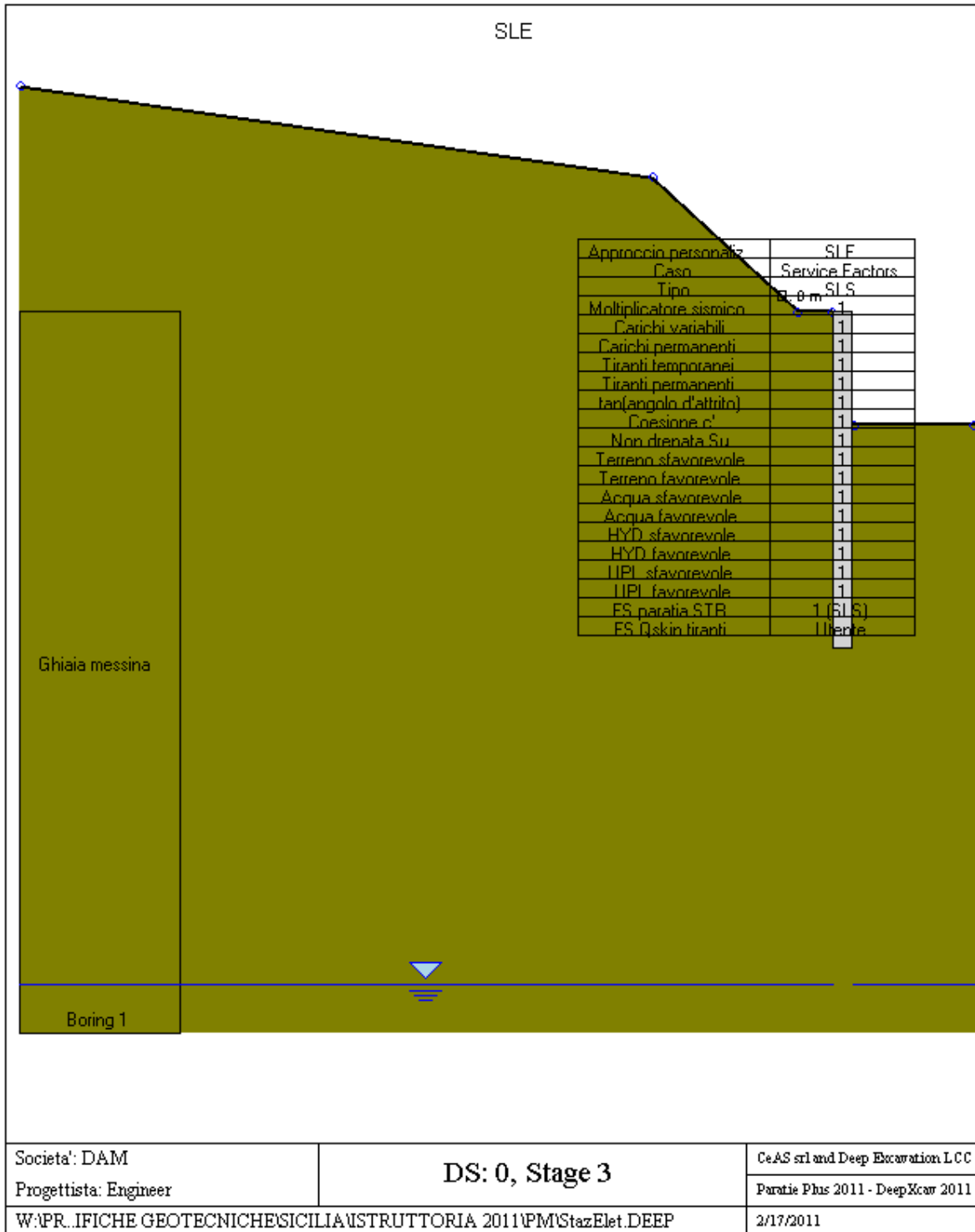
Rev	Data
F0	20/06/2011



SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev	Data
F0	20/06/2011



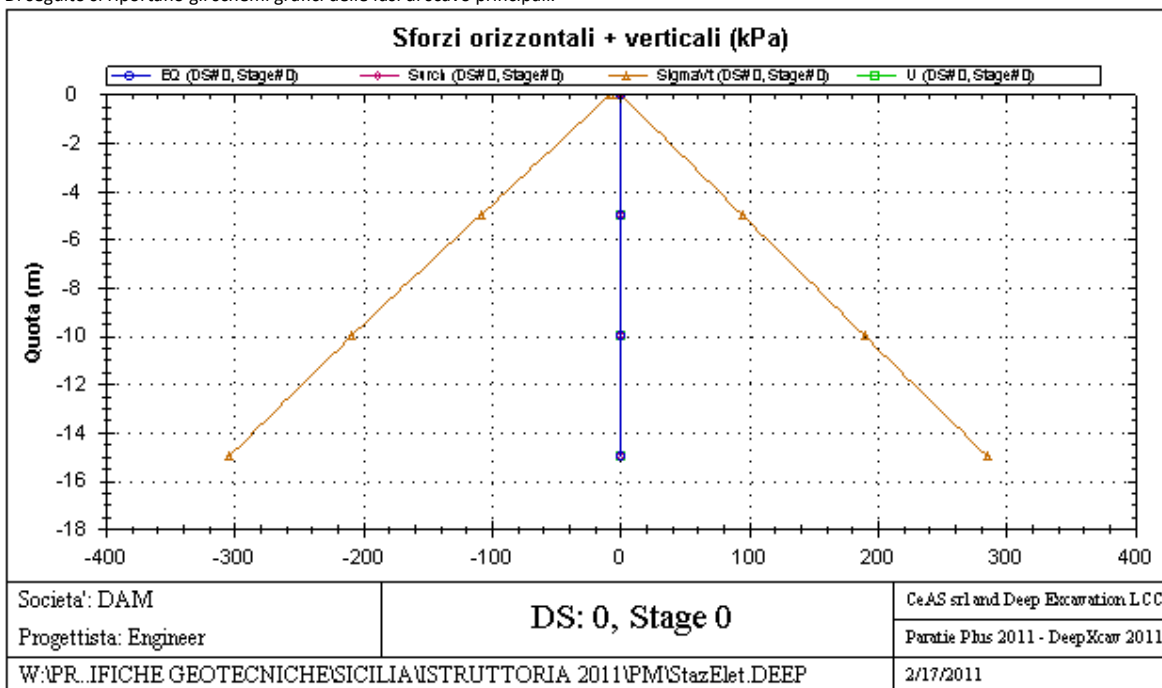
**Stabilita' del piede**

FS infissione per fase

	FS minimo al piede	FS Passivo	FS Rotazione	FS Lunghezza	FS Pass. mobilizzato	FS Forza attiva / attiva teorica
Stage #0	60	1377010.205	2797568.801	60	4.791	1.809
Stage #1	7.143	N/A	9.384	7.143	6.783	1.401
Stage #2	3.077	N/A	4.804	3.077	5.074	1.199
Stage #3	2.222	5.582	3.476	2.222	4.272	1.211

**GRAFICI FASI DI SCAVO**

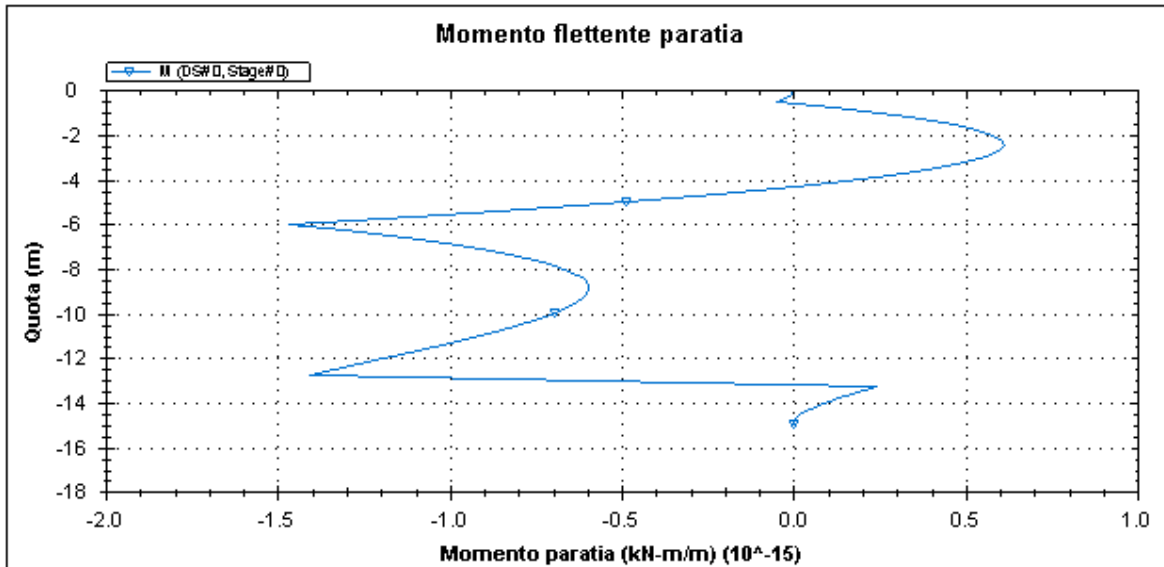
Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev	Data
F0	20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

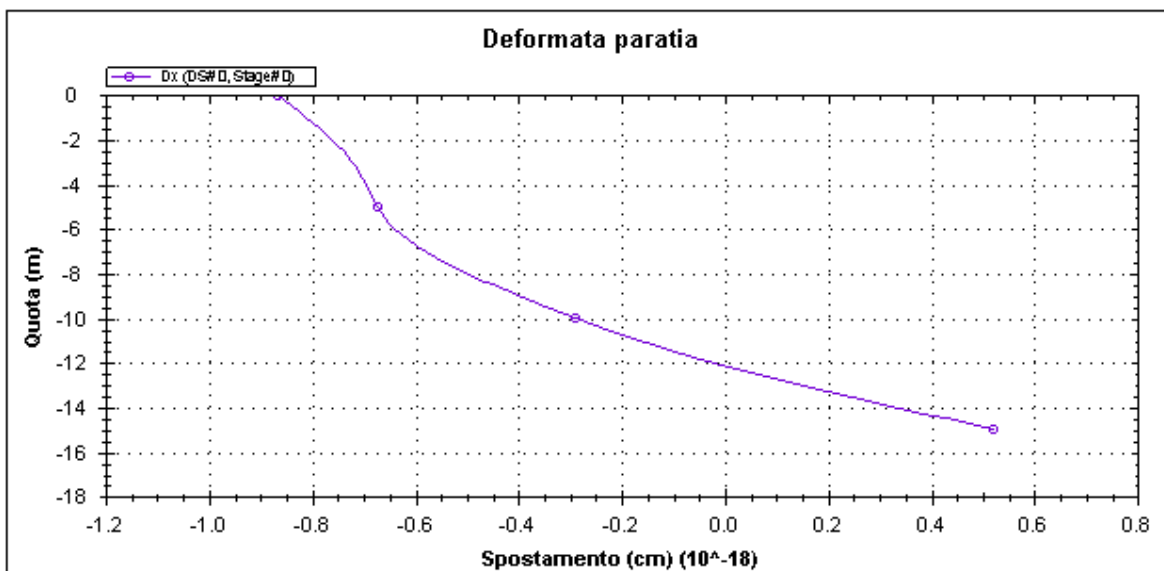
**DS: 0, Stage 0**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepKcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

**DS: 0, Stage 0**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepKcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011

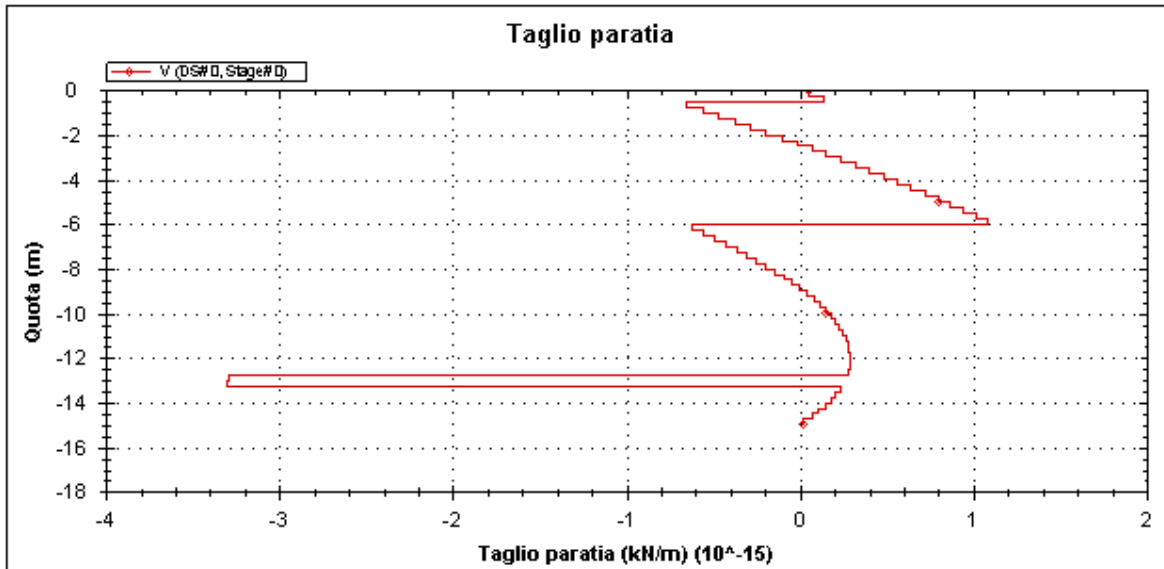


SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

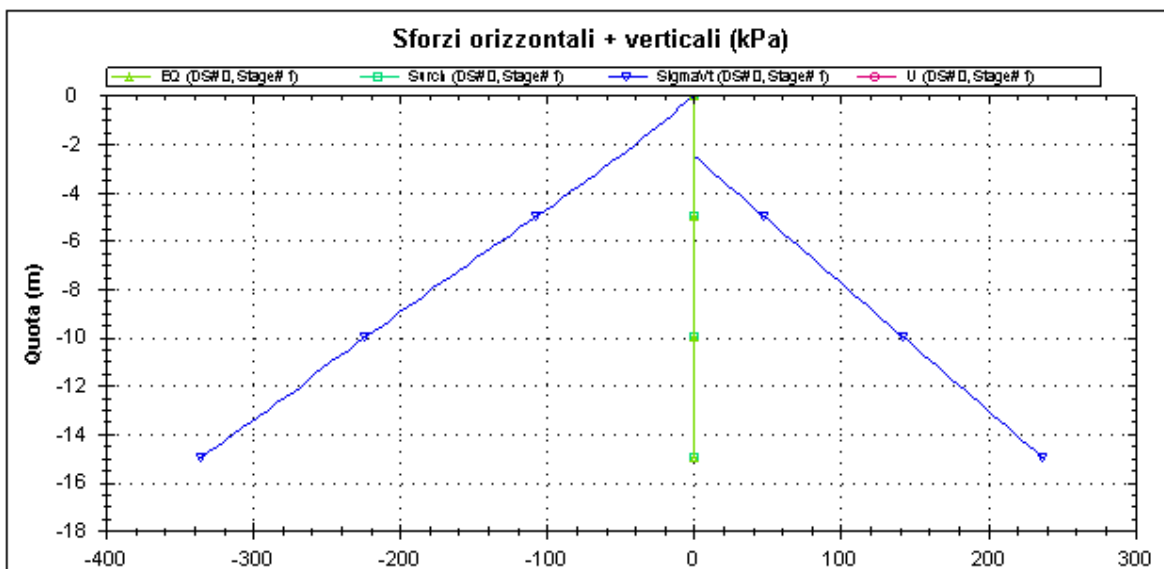
**DS: 0, Stage 0**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR.\IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTORIA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

**DS: 0, Stage 1**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

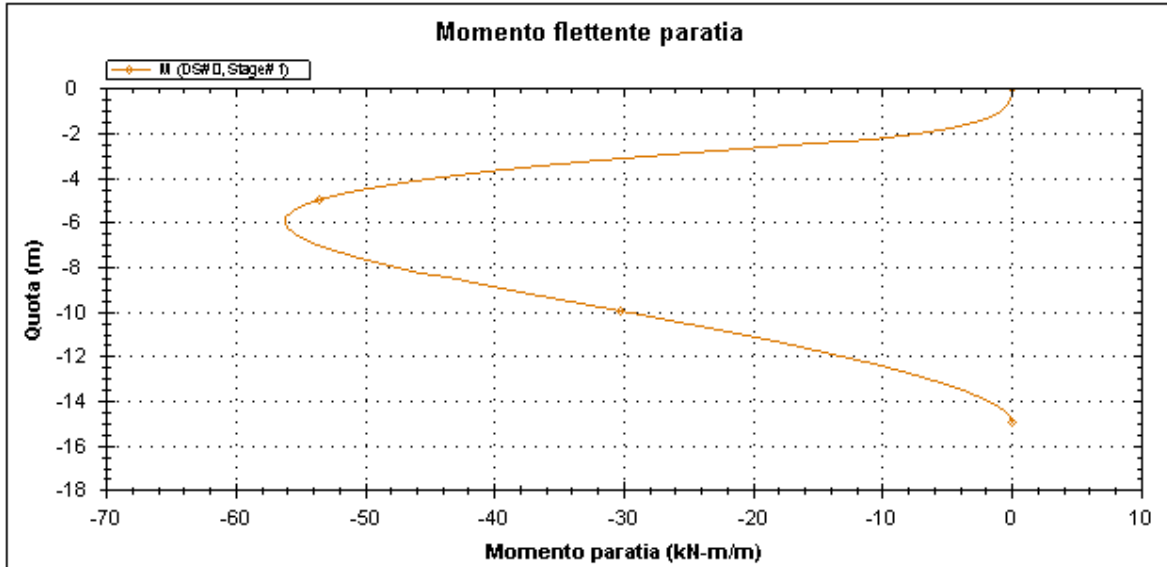
W:\PR.\IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTORIA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011

SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev F0  
Data 20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

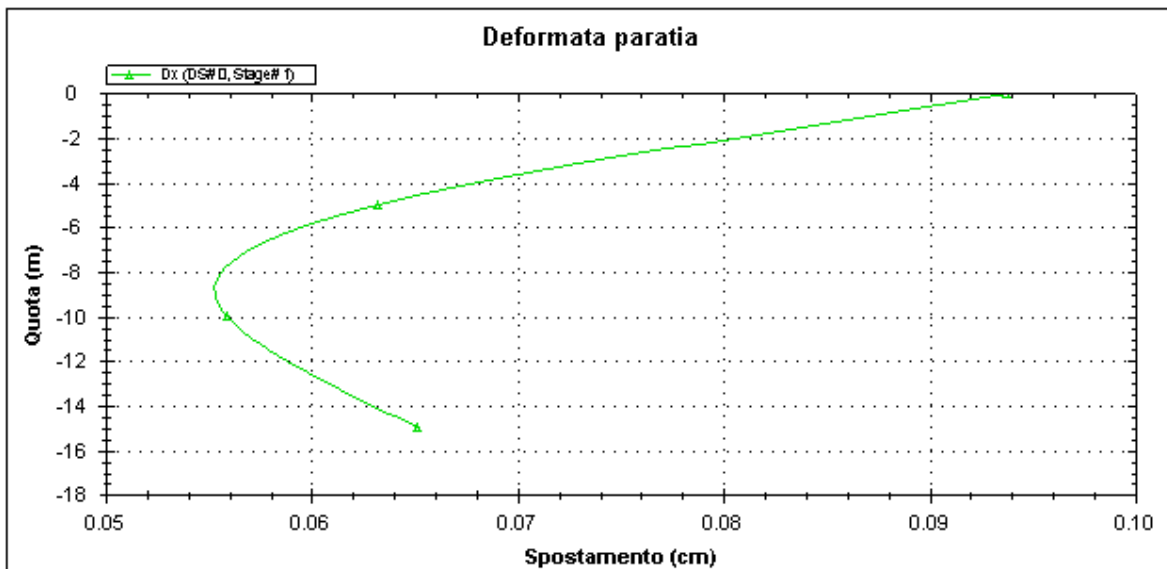
**DS: 0, Stage 1**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR...IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

**DS: 0, Stage 1**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR...IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

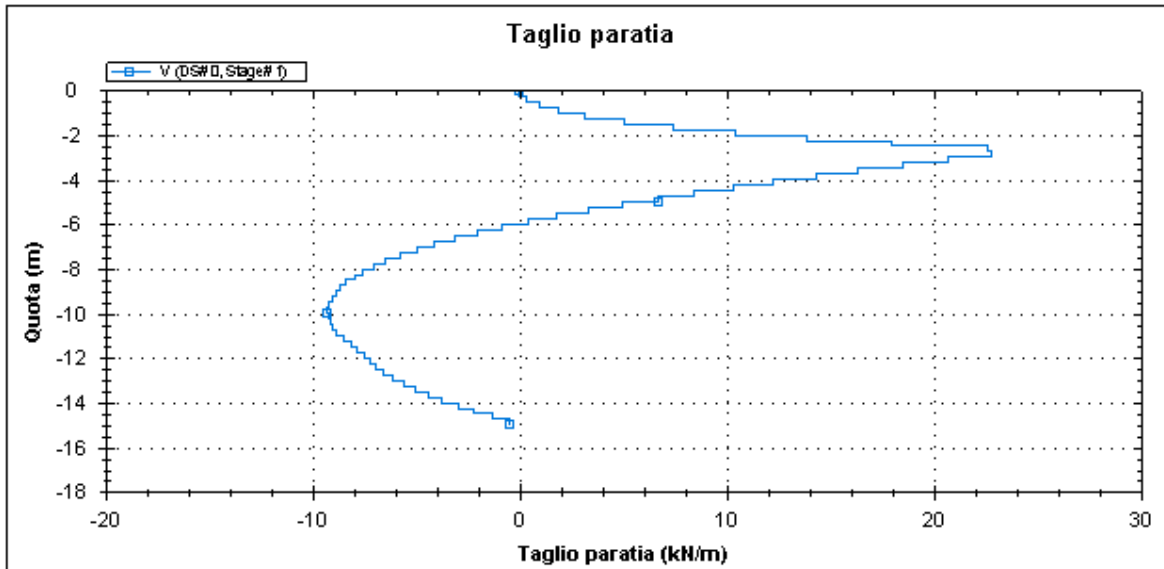
2/17/2011

SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev  
F0

Data  
20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

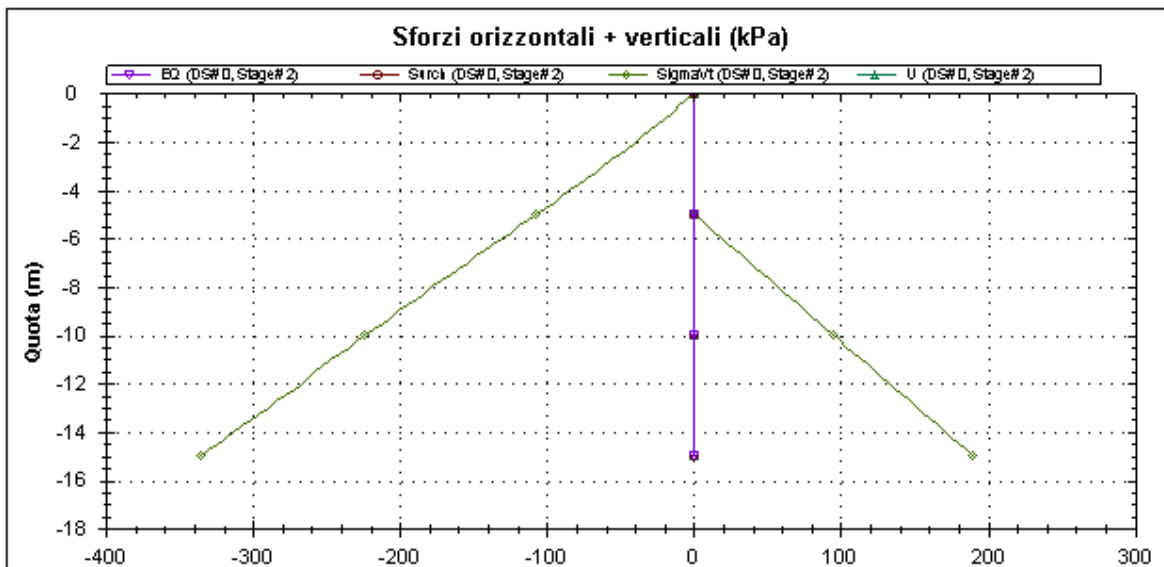
**DS: 0, Stage 1**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

**DS: 0, Stage 2**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

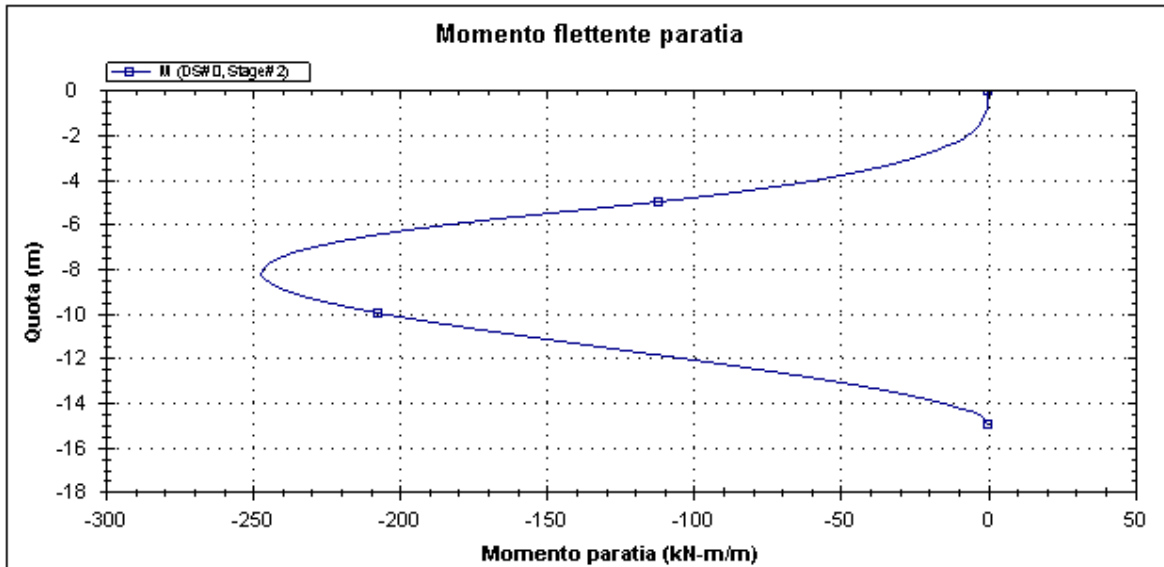
W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011

SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev	Data
F0	20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

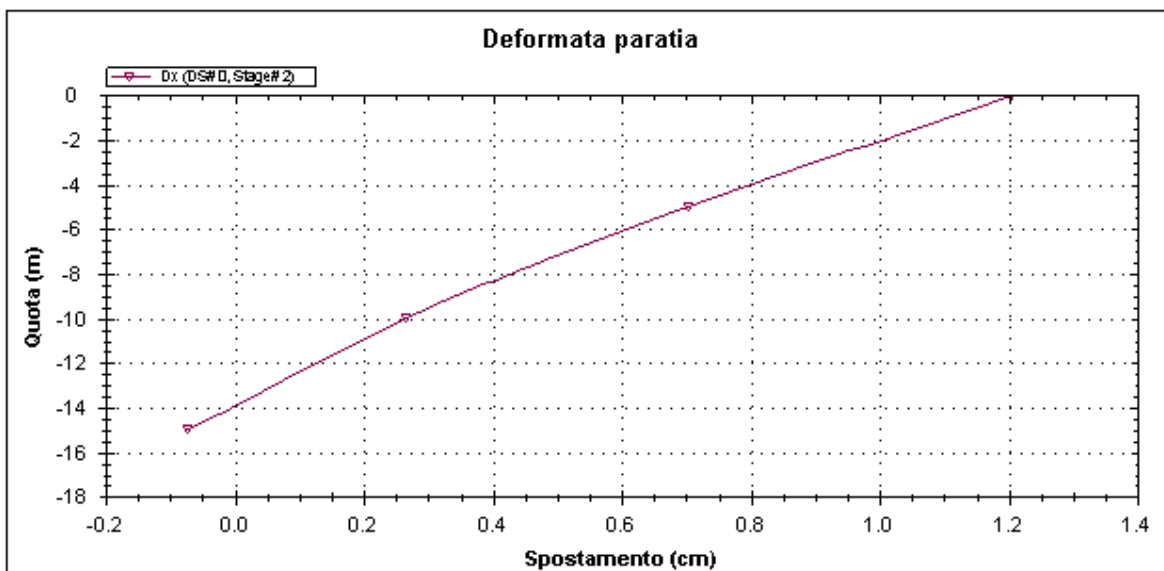
**DS: 0, Stage 2**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR.\IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTORIA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

**DS: 0, Stage 2**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

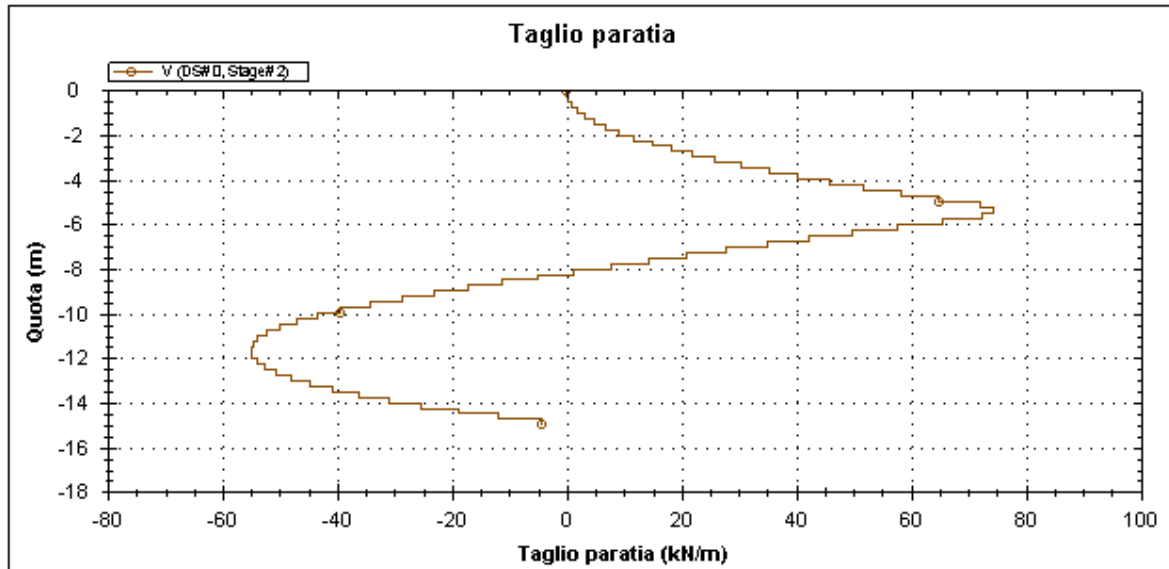
W:\PR.\IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTORIA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011

SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev F0  
Data 20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

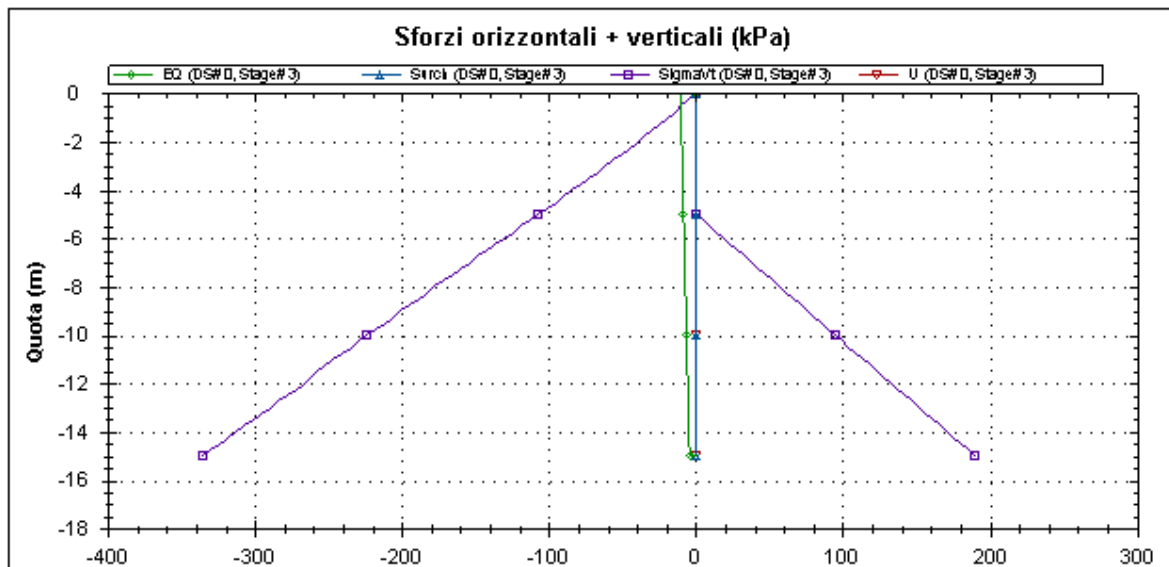
**DS: 0, Stage 2**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

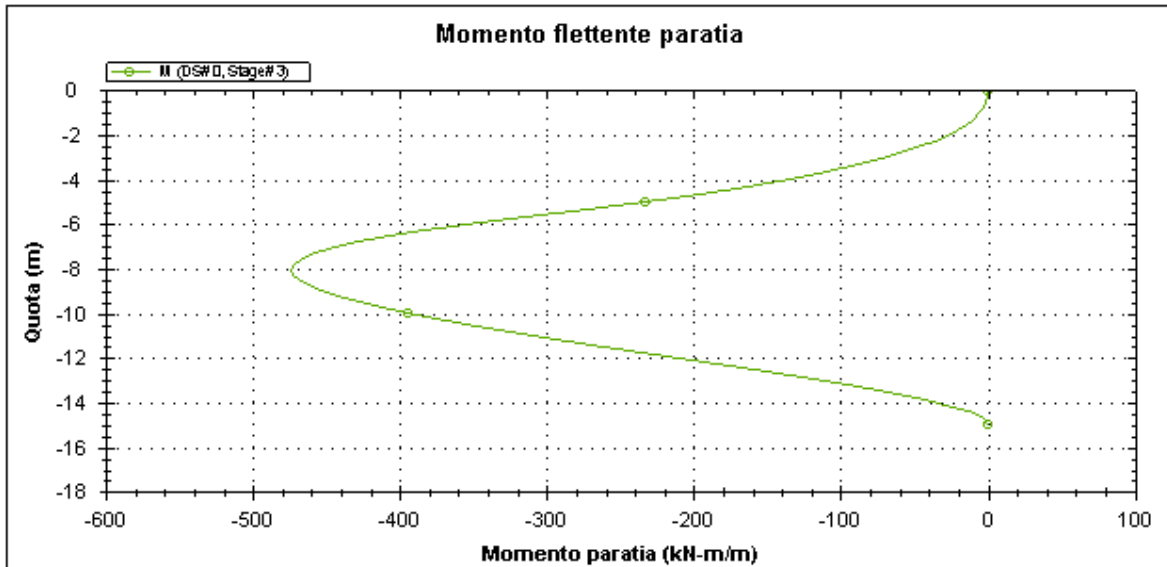
**DS: 0, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

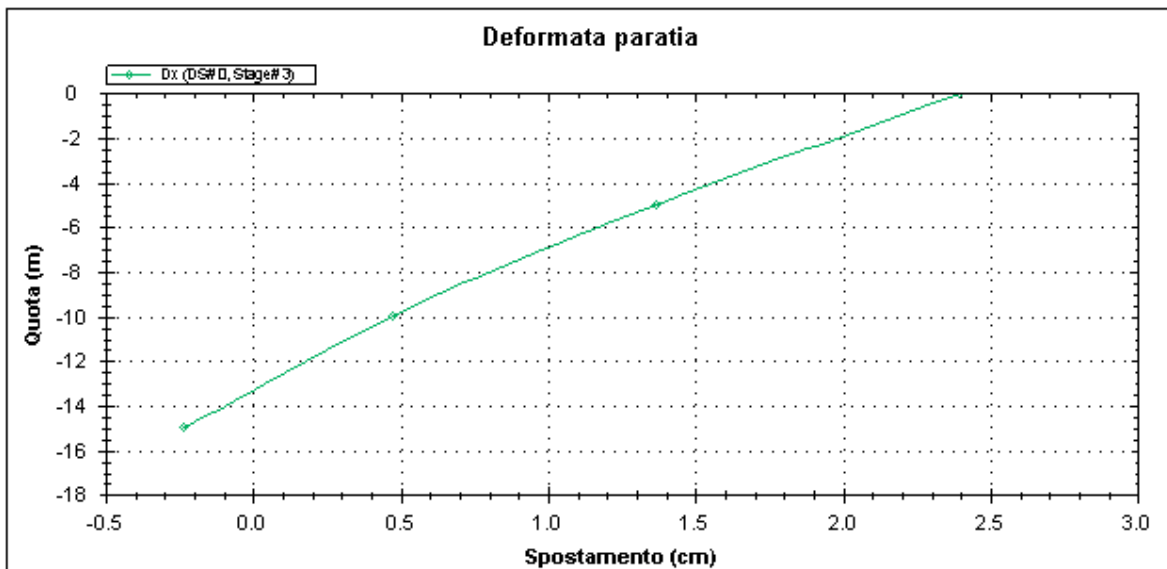
**DS: 0, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

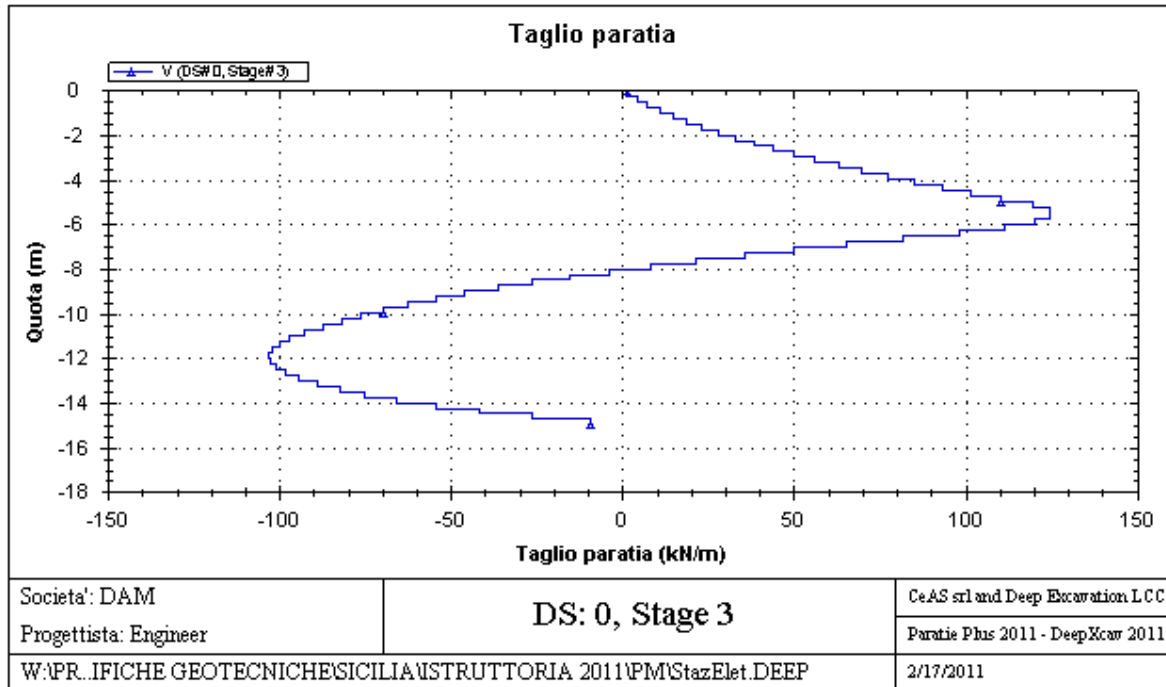
**DS: 0, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



**TABELLA RISULTATI PARATIA**

Wall 1 Stage: 0

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN- m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN- m/m)	(kN- m/m)	(kN/m)	(kN/m)
0	0	15.176	15.176	15.176	15.176	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
2	-0.5	19.101	19.101	19.101	19.101	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
4	-1	22.975	22.975	22.975	22.975	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
6	-1.5	26.804	26.804	26.804	26.804	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
8	-2	30.591	30.591	30.591	30.591	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
10	-2.5	34.342	34.342	34.342	34.342	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
12	-3	38.058	38.058	38.058	38.058	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
14	-3.5	41.744	41.744	41.744	41.744	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
16	-4	45.402	45.402	45.402	45.402	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
18	-4.5	49.035	49.035	49.035	49.035	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
20	-5	52.646	52.646	52.646	52.646	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
22	-5.5	56.237	56.237	56.237	56.237	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
24	-6	59.81	59.81	59.81	59.81	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
26	-6.5	63.367	63.367	63.367	63.367	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
28	-7	66.91	66.91	66.91	66.91	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
30	-7.5	70.439	70.439	70.439	70.439	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
32	-8	73.958	73.958	73.958	73.958	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
34	-8.5	77.466	77.466	77.466	77.466	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
36	-9	80.965	80.965	80.965	80.965	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
38	-9.5	84.457	84.457	84.457	84.457	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
40	-10	87.942	87.942	87.942	87.942	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
42	-10.5	91.42	91.42	91.42	91.42	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
44	-11	94.894	94.894	94.894	94.894	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47

**SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE**

*Codice documento*  
SF0262\_F0

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

46	-11.5	98.364	98.364	98.364	98.364	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
48	-12	101.83	101.83	101.83	101.83	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
50	-12.5	105.29	105.29	105.29	105.29	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
52	-13	108.75	108.75	108.75	108.75	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
54	-13.5	112.21	112.21	112.21	112.21	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
56	-14	115.67	115.67	115.67	115.67	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
58	-14.5	119.12	119.12	119.12	119.12	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47
60	-15	122.58	122.58	122.58	122.58	0	0	0	0	0	0	1327.52	1327.52	366.47	366.47

Wall 1 Stage: 1

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m/m)	(kN/m)	(kN/m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	1327.52	1327.52	366.47	366.47
2	-0.5	2.527	0	2.527	0	0	0	0	0.08	0.32	0.09	1327.52	1327.52	366.47	366.47
4	-1	5.125	0	5.125	0	0	0	0	0.79	1.9	0.09	1327.52	1327.52	366.47	366.47
6	-1.5	9.611	0	9.611	0	0	0	0	2.84	5.02	0.08	1327.52	1327.52	366.47	366.47
8	-2	14.073	0	14.073	0	0	0	0	7.29	10.38	0.08	1327.52	1327.52	366.47	366.47
10	-2.5	18.546	0	18.546	0	0	0	0	15.26	17.98	0.08	1327.52	1327.52	366.47	366.47
12	-3	23.068	31.602	23.068	31.602	0	0	0	26.62	22.83	0.07	1327.52	1327.52	366.47	366.47
14	-3.5	27.48	36.087	27.48	36.087	0	0	0	36.42	18.52	0.07	1327.52	1327.52	366.47	366.47
16	-4	32.014	40.07	32.014	40.07	0	0	0	44.09	14.29	0.07	1327.52	1327.52	366.47	366.47
18	-4.5	36.303	43.844	36.303	43.844	0	0	0	49.74	10.33	0.07	1327.52	1327.52	366.47	366.47
20	-5	40.763	47.511	40.763	47.511	0	0	0	53.52	6.67	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
22	-5.5	44.887	51.117	44.887	51.117	0	0	0	55.6	3.36	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
24	-6	49.631	54.689	49.631	54.689	0	0	0	56.16	0.4	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
26	-6.5	53.744	58.242	53.744	58.242	0	0	0	55.43	-2.04	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
28	-7	58.428	61.785	58.428	61.785	0	0	0	53.61	-4.13	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
30	-7.5	62.372	65.326	62.372	65.326	0	0	0	50.93	-5.74	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
32	-8	66.948	68.867	66.948	68.867	0	0	0	47.54	-7.08	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
34	-8.5	70.736	72.411	70.736	72.411	0	0	0	43.65	-7.99	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
36	-9	75.195	75.96	75.195	75.96	0	0	0	39.37	-8.72	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
38	-9.5	78.846	79.513	78.846	79.513	0	0	0	34.88	-9.06	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
40	-10	83.217	83.072	83.217	83.072	0	0	0	30.24	-9.3	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
42	-10.5	87.074	86.634	87.074	86.634	0	0	0	25.64	-9.17	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
44	-11	91.46	90.201	91.46	90.201	0	0	0	21.16	-8.85	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
46	-11.5	95.136	93.77	95.136	93.77	0	0	0	16.98	-8.17	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
48	-12	98.522	97.341	98.522	97.341	0	0	0	13.15	-7.51	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
50	-12.5	102.36	100.91	102.36	100.91	0	0	0	9.62	-6.92	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
52	-13	106.48	104.48	106.48	104.48	0	0	0	6.45	-6.11	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
54	-13.5	110.57	108.06	110.57	108.06	0	0	0	3.79	-5.04	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
56	-14	114.61	111.63	114.61	111.63	0	0	0	1.75	-3.73	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
58	-14.5	118.61	115.2	118.61	115.2	0	0	0	0.45	-2.2	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
60	-15	122.53	118.76	122.53	118.76	0	0	0	0	-0.47	0.07	1327.52	1327.52	366.47	366.47

Wall 1 Stage: 2

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m/m)	(kN/m)	(kN/m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	1327.52	1327.52	366.47	366.47
2	-0.5	2.651	0	2.651	0	0	0	0	0.09	0.35	1.15	1327.52	1327.52	366.47	366.47
4	-1	5.219	0	5.219	0	0	0	0	0.84	1.99	1.1	1327.52	1327.52	366.47	366.47
6	-1.5	7.862	0	7.862	0	0	0	0	2.89	4.93	1.05	1327.52	1327.52	366.47	366.47
8	-2	10.576	0	10.576	0	0	0	0	6.92	9.2	1	1327.52	1327.52	366.47	366.47
10	-2.5	13.372	0	13.372	0	0	0	0	13.58	14.83	0.95	1327.52	1327.52	366.47	366.47
12	-3	16.302	0	16.302	0	0	0	0	23.6	21.88	0.9	1327.52	1327.52	366.47	366.47
14	-3.5	19.195	0	19.195	0	0	0	0	37.68	30.39	0.85	1327.52	1327.52	366.47	366.47
16	-4	22.309	0	22.309	0	0	0	0	56.58	40.38	0.8	1327.52	1327.52	366.47	366.47



**SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE**

*Codice documento*  
SF0262\_F0

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

18	-4.5	25.245	0	25.245	0	0	0	0	81.04	51.91	0.75	1327.52	1327.52	366.47	366.47
20	-5	28.44	0	28.44	0	0	0	0	111.83	64.93	0.7	1327.52	1327.52	366.47	366.47
22	-5.5	31.379	39.934	31.379	39.934	0	0	0	148.47	74.54	0.65	1327.52	1327.52	366.47	366.47
24	-6	34.614	66.322	34.614	66.322	0	0	0	182.99	65.67	0.61	1327.52	1327.52	366.47	366.47
26	-6.5	37.554	68.188	37.554	68.188	0	0	0	209.91	49.93	0.56	1327.52	1327.52	366.47	366.47
28	-7	40.812	69.39	40.812	69.39	0	0	0	229.19	34.86	0.51	1327.52	1327.52	366.47	366.47
30	-7.5	43.73	70.354	43.73	70.354	0	0	0	241.33	20.83	0.47	1327.52	1327.52	366.47	366.47
32	-8	46.99	72.458	46.99	72.458	0	0	0	246.79	7.66	0.43	1327.52	1327.52	366.47	366.47
34	-8.5	49.884	74.525	49.884	74.525	0	0	0	245.87	-4.96	0.38	1327.52	1327.52	366.47	366.47
36	-9	53.138	76.582	53.138	76.582	0	0	0	238.81	-17.13	0.34	1327.52	1327.52	366.47	366.47
38	-9.5	56.007	78.645	56.007	78.645	0	0	0	225.88	-28.73	0.3	1327.52	1327.52	366.47	366.47
40	-10	63.783	80.723	63.783	80.723	0	0	0	207.44	-39.36	0.27	1327.52	1327.52	366.47	366.47
42	-10.5	71.079	82.82	71.079	82.82	0	0	0	184.76	-47.15	0.23	1327.52	1327.52	366.47	366.47
44	-11	78.823	84.937	78.823	84.937	0	0	0	159.15	-52.32	0.19	1327.52	1327.52	366.47	366.47
46	-11.5	85.786	87.072	85.786	87.072	0	0	0	132.01	-54.73	0.16	1327.52	1327.52	366.47	366.47
48	-12	92.401	89.222	92.401	89.222	0	0	0	104.54	-54.81	0.13	1327.52	1327.52	366.47	366.47
50	-12.5	99.421	91.382	99.421	91.382	0	0	0	77.88	-52.65	0.09	1327.52	1327.52	366.47	366.47
52	-13	106.69	93.548	106.69	93.548	0	0	0	53.22	-47.98	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
54	-13.5	113.9	95.716	113.9	95.716	0	0	0	31.86	-40.76	0.03	1327.52	1327.52	366.47	366.47
56	-14	121.05	97.882	121.05	97.882	0	0	0	15.04	-31.06	-0.01	1327.52	1327.52	366.47	366.47
58	-14.5	128.16	100.04	128.16	100.04	0	0	0	4.01	-18.86	-0.04	1327.52	1327.52	366.47	366.47
60	-15	135.96	102.2	135.96	102.2	0	0	0	0	-4.22	-0.07	1327.52	1327.52	366.47	366.47

Wall 1 Stage: 3

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN- m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN- m/m)	(kN- m/m)	(kN/m)	(kN/m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	2.39	1327.52	1327.52	366.47	366.47
2	-0.5	2.616	0	2.616	0	0	0	0	1.38	4.21	2.29	1327.52	1327.52	366.47	366.47
4	-1	5.187	0	5.187	0	0	0	0	5.95	10.9	2.19	1327.52	1327.52	366.47	366.47
6	-1.5	7.833	0	7.833	0	0	0	0	14.32	18.78	2.08	1327.52	1327.52	366.47	366.47
8	-2	10.55	0	10.55	0	0	0	0	27.08	27.89	1.98	1327.52	1327.52	366.47	366.47
10	-2.5	13.349	0	13.349	0	0	0	0	44.88	38.26	1.88	1327.52	1327.52	366.47	366.47
12	-3	16.283	0	16.283	0	0	0	0	68.35	49.95	1.77	1327.52	1327.52	366.47	366.47
14	-3.5	19.179	0	19.179	0	0	0	0	98.17	63	1.67	1327.52	1327.52	366.47	366.47
16	-4	22.296	0	22.296	0	0	0	0	135.04	77.42	1.57	1327.52	1327.52	366.47	366.47
18	-4.5	25.236	0	25.236	0	0	0	0	179.65	93.28	1.47	1327.52	1327.52	366.47	366.47
20	-5	28.434	0	28.434	0	0	0	0	232.71	110.54	1.37	1327.52	1327.52	366.47	366.47
22	-5.5	31.377	38.643	31.377	38.643	0	0	0	293.75	124.43	1.27	1327.52	1327.52	366.47	366.47
24	-6	34.614	77.292	34.614	77.292	0	0	0	355.02	120.4	1.17	1327.52	1327.52	366.47	366.47
26	-6.5	37.554	112.69	37.554	112.69	0	0	0	407.58	98.54	1.07	1327.52	1327.52	366.47	366.47
28	-7	40.812	109.76	40.812	109.76	0	0	0	444.38	65.55	0.98	1327.52	1327.52	366.47	366.47
30	-7.5	43.73	106.61	43.73	106.61	0	0	0	465.82	35.56	0.89	1327.52	1327.52	366.47	366.47
32	-8	46.99	103.42	46.99	103.42	0	0	0	473.37	8.53	0.8	1327.52	1327.52	366.47	366.47
34	-8.5	49.884	100.27	49.884	100.27	0	0	0	468.56	-15.41	0.71	1327.52	1327.52	366.47	366.47
36	-9	53.138	97.212	53.138	97.212	0	0	0	452.88	-36.42	0.63	1327.52	1327.52	366.47	366.47
38	-9.5	56.007	94.279	56.007	94.279	0	0	0	427.83	-54.42	0.55	1327.52	1327.52	366.47	366.47
40	-10	59.252	91.478	59.252	91.478	0	0	0	394.84	-69.59	0.47	1327.52	1327.52	366.47	366.47
42	-10.5	62.096	90.098	62.096	90.098	0	0	0	355.34	-81.9	0.4	1327.52	1327.52	366.47	366.47
44	-11	67.082	90.523	67.082	90.523	0	0	0	310.36	-92.55	0.32	1327.52	1327.52	366.47	366.47
46	-11.5	77.525	91.002	77.525	91.002	0	0	0	261.1	-100.09	0.25	1327.52	1327.52	366.47	366.47
48	-12	87.554	91.528	87.554	91.528	0	0	0	209.88	-102.84	0.18	1327.52	1327.52	366.47	366.47
50	-12.5	97.934	92.089	97.934	92.089	0	0	0	159.02	-100.94	0.11	1327.52	1327.52	366.47	366.47
52	-13	108.53	92.676	108.53	92.676	0	0	0	110.94	-94.17	0.04	1327.52	1327.52	366.47	366.47
54	-13.5	119.02	93.28	119.02	93.28	0	0	0	68.07	-82.52	-0.03	1327.52	1327.52	366.47	366.47
56	-14	133.94	93.889	133.94	93.889	0	0	0	32.93	-65.67	-0.1	1327.52	1327.52	366.47	366.47
58	-14.5	150.24	94.499	150.24	94.499	0	0	0	8.95	-41.41	-0.17	1327.52	1327.52	366.47	366.47

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

60	-15	166.46	95.103	166.46	95.103	0	0	0	0	-9.44	-0.23	1327.52	1327.52	366.47	366.47
----	-----	--------	--------	--------	--------	---	---	---	---	-------	-------	---------	---------	--------	--------

**LEGENDA**

Wall node=numero nodo

EL=quota

Sht L=pressione terreno orizzontale totale a sx paratia

Sht R=pressione terreno orizzontale totale a dx paratia

Shs L=pressione terreno orizzontale efficace a sx paratia

Shs R=pressione terreno orizzontale efficace a dx paratia

q=pressioni dovute al sovraccarico

U L=pressione acqua a sx paratia

U R=pressione acqua a dx paratia

M=momento flettente (per metro)

V=taglio (per metro)

dx=spostamento orizzontale

McapL=Momento ultimo lato sx

McapR=Momento ultimo lato dx

VcapL=Taglio ultimo resistente lato sx

VcapR=Taglio ultimo resistente lato dx

**Progetto:**  
**Risultati per la Design Section 1: SLU**

**My**

**Project**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0

### APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Stage	Design Code	Design Case	F(tan	F	F	F	F(perm	F(temp	F(perm	F(temp	F Earth	F Earth	F GWT	F GWT	F HYD	F HYD	F UPL	F UPL
	Name		fr)	(c')	(Su)	(EQ)	load)	load)	sup)	sup)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)
ALL	SLE	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ALL	DM08_ITA	Comb. 1: A1+M1+R1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su'=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore azione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

### DATI TERRENO

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	Springs	Springs	Springs	Springs		Model	
F	18.84	18.84	30	0	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
O1	16.48	14.13	0	19.16	0	0	0	2874	8622	1	1	1	1	True	Linear	
O2	17.27	15.7	28	0	N/A	N/A	N/A	7185	21555	0.36	2.77	N/A	N/A	True	Linear	
S1	19.62	16.48	34	0	N/A	N/A	N/A	19160	57480	0.28	3.54	N/A	N/A	True	Linear	
V	19.62	16.48	28	14.37	71.85	28	28	14370	43110	0.36	2.77	0.36	2.77	True	Linear	
GT	20.41	17.27	36	9.58	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.26	3.85	N/A	N/A	True	Linear	
R	26.69	25.12	30	95.8	N/A	N/A	N/A	479000	1437000	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
Ghiaia messina	19	19	38	0	N/A	N/A	N/A	59200	30000	0.24	4.2	N/A	N/A	True	Linear	

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco  
Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco  
Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidezza molle terreno (LIN, EXP, SIMC)  
LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico  
EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo  
SIMC= Modo semplificato per argille

#### STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato  
Soil type=nome del terreno  
OCR=rappporto di sovraconsolidazione  
K0=coefficiente di spinta a riposo  
Nome: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	Ghiaia messina	1	0.38

#### DATI GENERALI RELATIVI A MATERIALI E PROPRIETA MECCANICHE ELEMENTI STRUTTURALI

##### Acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Fu (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)
A-36	248.3	469	200100	77.0046
A-50	344.8	510	200100	77.0046

##### Calcestruzzo

Name	Strength Fc' (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)	Tension Strength Ft (MPa)
C28/35	28	32308	25	10
4 ksi Concrete	27.6	24874.5	23.5728	10
5 ksi Concrete	34.5	27810.5	23.5728	10
C25/30	25	31476	25	10

##### Barre in acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Elastic E (MPa)
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
Grade 75	517.2	200100
Grade 80	551.7	200100
Grade 150	1034.5	200100
Strands 270 ksi	1862.1	200100
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
B450C	450	210000

##### Legno

Name	Ultimate Bending Strength Fbu (MPa)	Ultimate Tensile Strength FtU (MPa)	Ultimate Shear Strength Fvu (MPa)	Density g (kN/m3)	Elastic E (MPa)
Construction Timber	11	9.7	5.5	7.8576	6900
Regular grade	6.9	6.9	4.1	7.8576	5520

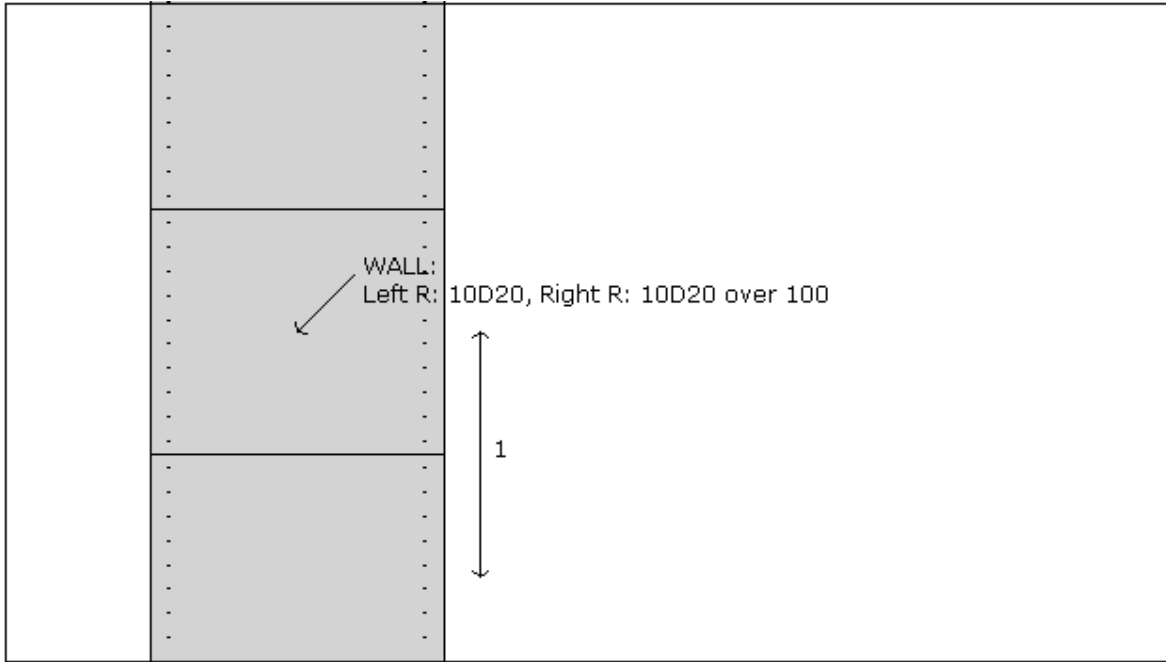
STEEL=acciaio  
Name=nome materiale  
strength fy=fyk=res caratteristica acciaio  
Fu=fuk=resistenza ultima  
Elastic E=modulo elastico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Density g=peso specifico  
CONCRETE=calcestruzzo  
Name=nome materiale  
f'c=fck=resistenza cilindrica a compressione caratteristica cls  
Elastic E=modulo elastico  
Density g=peso specifico  
Tension strength=ft=fctk=resistenza a trazione caratteristica  
STEEL REBAR  
Name=nome materiale  
strength fy=fyk=resistenza caratteristica acciaio  
Elastic E=modulo elastico  
WOOD=legno  
Name=nome materiale  
Ultimate bending strength Fb=fbk=resistenza caratteristica a flessione  
Ultimate tensile strength Ft=ftuk=res. caratt. parallela alle fibre  
Ultimate shear strength Fvu=fvuk=res. caratt. a taglio  
Density g=peso specifico  
Elastic E=modulo elastico

#### PROPRIETA' SEZIONI TRAVI DI RIPARTIZIONE

Sezioni paratia0: Wall 1

		
Societa': DAM Progettista: Engineer	<b>Wall sketch</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011
W:\PR...IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP		2/17/2011

Sezioni paratia0: paratia  
Tipo paratia: Diaframma  
Quota sommita' paratia: 0 m Quota piede paratia: -15 m  
Dimensione fuori piano paratia: 1 Spessore paratia = 1.2  
Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1  
fc' cls = 25 Fy barre = 450 Ecls = 31476 FcT calcestruzzo a trazione = 10% di Fc'

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0

fy profilati in acciaio = 248.3 Eacciaio = 200100

Attrito paratia: Ignorato

Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con NTC 2008

Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con ACI 318-2002.

Nota: con la capacita' ultima si dovrebbe adottare un fattore di sicurezza strutturale.

Diagramma

Tabella: dati solette

Name	Shape	Fy	Fc'	D	B	Bw	tf	Ctop	Cbot	AsTop	AsBot	A	Pmax	Mmax
		(MPa)	(MPa)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kN-m)
paratia	Rect	450	25	120	100	N/A	N/A	7.6	7.6	31.4	31.4	12000	0	0

#### PROPRIETA' GENERALI

Le travi di ripartizione sono utilizzate sui supporti come elementi strutturali ma non vengono inclusi nel calcolo della rigidezza della paratia.

f'c=fck= resistenza cilindrica del calcestruzzo

fyk=fyk= resistenza caratteristica acciaio

fy= resistenza caratteristica barre di armatura

TABELLA DEI PARAMETRI (parametri principali)

1) Tutte le travi di ripartizione in calcestruzzo hanno sezione rettangolare

N/A= dato non disponibile

Fy=fyk

F'c=fck

D= altezza della trave

B= larghezza della trave

2) Proprieta' della trave in acciaio

W= peso per unita' di lunghezza

A= area

D= diametro

tw= spessore anima

tp= spessore tubo

bf= larghezza ala

tf= spessore ala

k= spessore flangia

Ixx= modulo di inerzia asse forte (per unita' di lunghezza)

Sxx= momento statico asse forte (per unita' di lunghezza)

rx= raggio giratore di inerzia - asse X

ry= raggio giratore di inerzia - asse Y

Iyy= modulo di inerzia asse debole (per unita' di lunghezza)

Syy= momento statico asse debole (per unita' di lunghezza)

rT= raggio giratore per la torsione

Cw= costante di ingobbimento

#### PARAMETRI DI CALCOLO PER SINGOLA FASE

Sommario delle assunzioni dell'ultima fase

Name	Analysis	Drive	ka-Mult	Htr T/B	Resist	Res	Contlever	Support	Axial	Used	Min Toe	Toe	Toe
	Method	Press		(%)	Press	Mult	Method	Model	Incl	FSwall	FDtoe	FSrot	FSpas
Stage 0	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	60	2797568.801	1377010.205
Stage 1	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	7.143	9.384	N/A
Stage 2	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	3.077	4.804	N/A
Stage 3	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	1.667	2.332	4.214

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Name=nome fase

-----  
Analysis method=metodo di calcolo

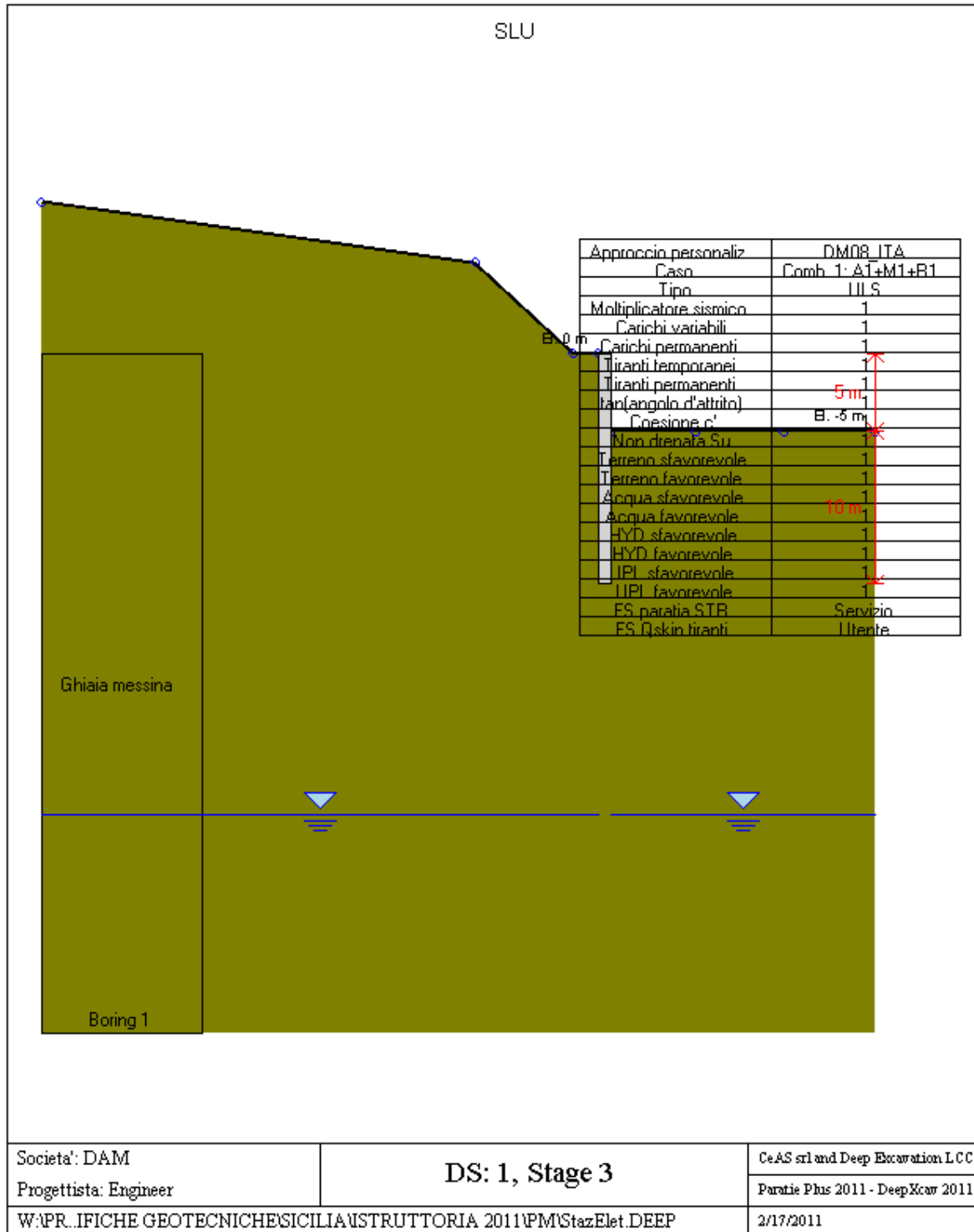
COntventional=analisi all'equilibriolimito  
springs UP=analisi non lineare (schema a molle elasto plastiche)  
DR=analisi per terreni tipo argilla in condizione drenata  
U=analisi per terreni tipo argilla in condizione NON drenata  
Up=analisi non drenata solo per i terreni selezionati

-----  
Drive press=Ka=spinta terreno attiva

ka mult=eventuale moltiplicatore Ka  
Htr T/B (%)=schema pressione attiva di tipo trapezoidale  
Resit press=Kp=spinta terreno passiva  
Res Mult=eventuale moltiplicatore Kp  
COntle Method=  
Support Model=tipologia vincoli fissi (fixed=fissi)  
Axial Incl=se azione assiale inclusa  
Used FS wall=coeff di riduzione dominio MN  
Min FD TOe=sicurezza minima per infissione (analisi classica)  
Toe FS rot=sicurezza a rotazione (analisi classica)  
Toe FSpas=sicurezza sulle pressioni agenti/resistenti (analisi classica)

#### **GRAFICI FASI DI SCAVO**

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

**DS: 1, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepKcor 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



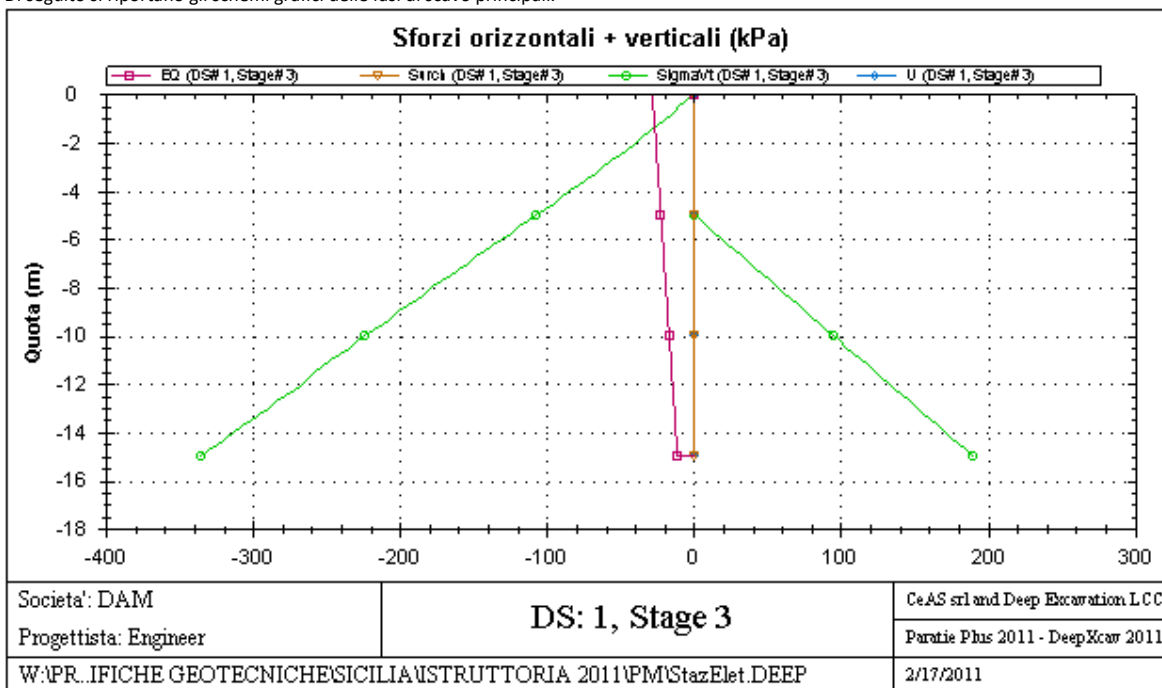
**Stabilita' del piede**

FS infissione per fase

	FS minimo al piede	FS Passivo	FS Rotazione	FS Lunghezza	FS Pass. mobilizzato	FS Forza attiva / attiva teorica
Stage #0	60	1377010.205	2797568.801	60	4.791	1.809
Stage #1	7.143	N/A	9.384	7.143	6.783	1.401
Stage #2	3.077	N/A	4.804	3.077	5.074	1.199
Stage #3	1.667	4.214	2.332	1.667	3.222	1.301

**GRAFICI FASI DI SCAVO**

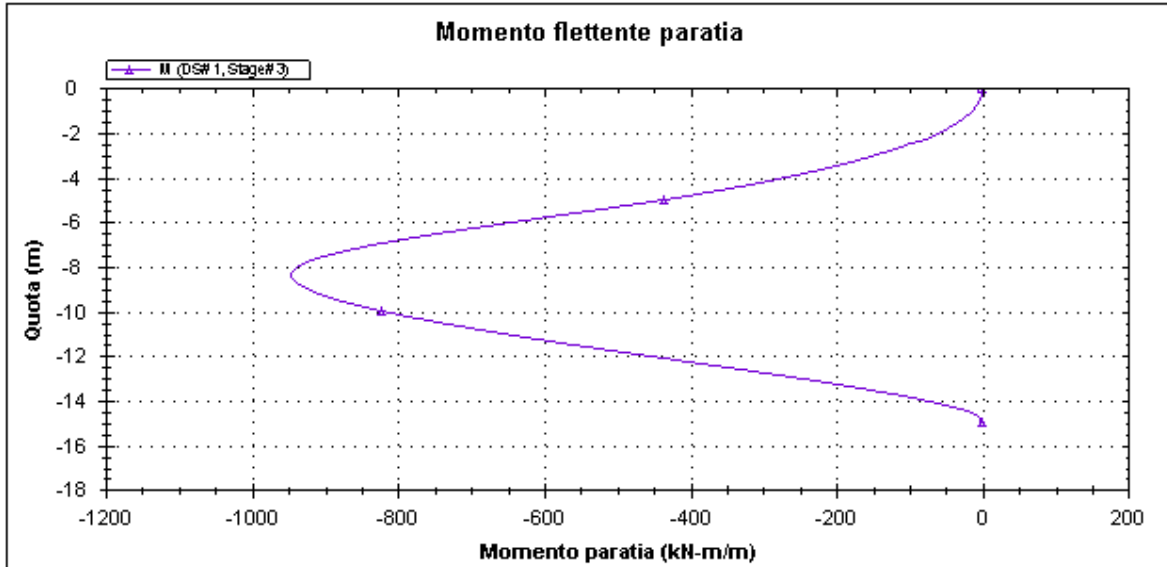
Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev	Data
F0	20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

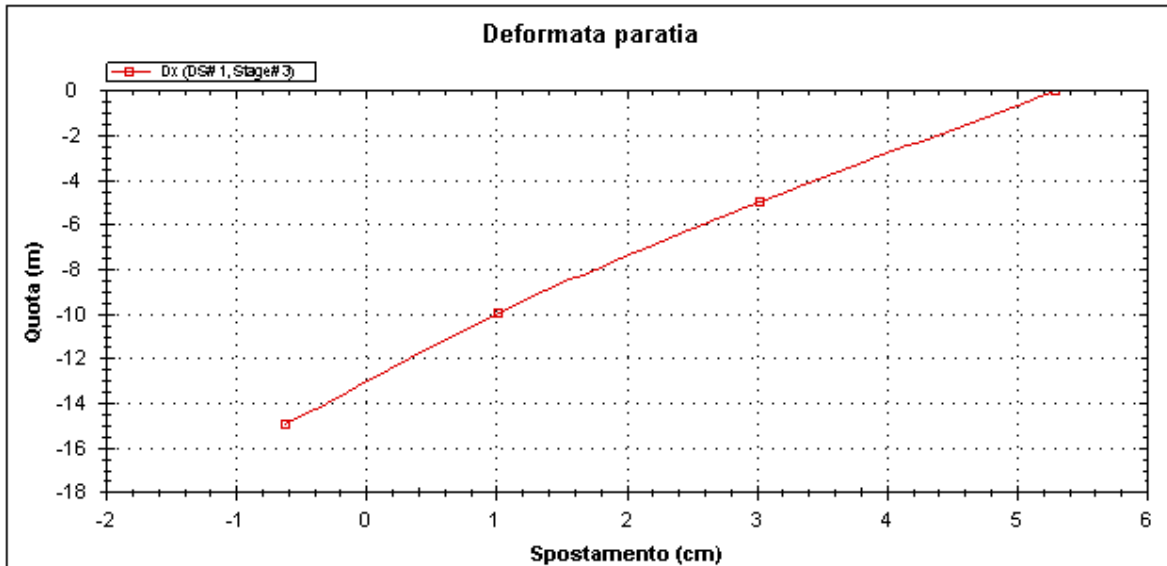
**DS: 1, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

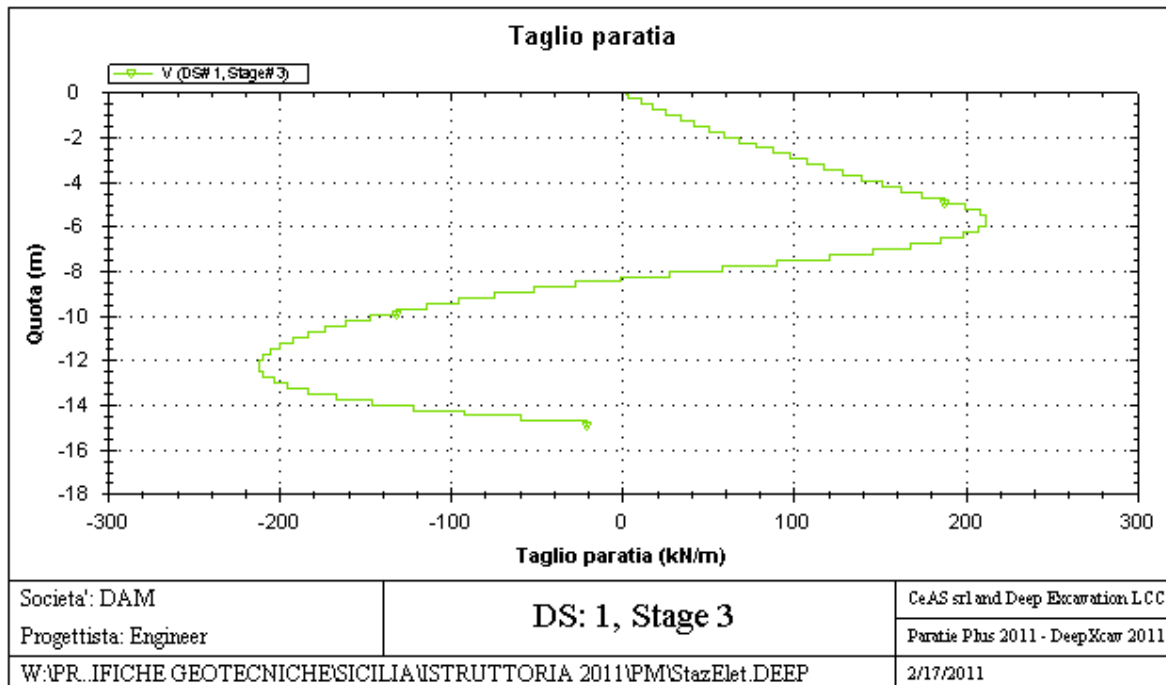
**DS: 1, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP


2/17/2011



**TABELLA RISULTATI PARATIA**

Wall 1 Stage: 3

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m/m)	(kN/m)	(kN/m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	5.3	1327.52	1327.52	366.47	366.47
2	-0.5	2.527	0	2.527	0	0	0	0	3.56	10.74	5.07	1327.52	1327.52	366.47	366.47
4	-1	5.106	0	5.106	0	0	0	0	14.6	25.95	4.85	1327.52	1327.52	366.47	366.47
6	-1.5	7.76	0	7.76	0	0	0	0	33.63	42.19	4.62	1327.52	1327.52	366.47	366.47
8	-2	10.485	0	10.485	0	0	0	0	61.18	59.47	4.39	1327.52	1327.52	366.47	366.47
10	-2.5	13.291	0	13.291	0	0	0	0	97.77	77.85	4.16	1327.52	1327.52	366.47	366.47
12	-3	16.233	0	16.233	0	0	0	0	143.97	97.36	3.93	1327.52	1327.52	366.47	366.47
14	-3.5	19.137	0	19.137	0	0	0	0	200.37	118.05	3.7	1327.52	1327.52	366.47	366.47
16	-4	22.262	0	22.262	0	0	0	0	267.57	139.95	3.48	1327.52	1327.52	366.47	366.47
18	-4.5	25.211	0	25.211	0	0	0	0	346.19	163.1	3.25	1327.52	1327.52	366.47	366.47
20	-5	28.418	0	28.418	0	0	0	0	436.84	187.48	3.03	1327.52	1327.52	366.47	366.47
22	-5.5	31.37	36.945	31.37	36.945	0	0	0	539.02	208.53	2.81	1327.52	1327.52	366.47	366.47
24	-6	34.614	73.891	34.614	73.891	0	0	0	645.24	212.33	2.59	1327.52	1327.52	366.47	366.47
26	-6.5	37.554	110.84	37.554	110.84	0	0	0	746.94	198.97	2.38	1327.52	1327.52	366.47	366.47
28	-7	40.812	147.78	40.812	147.78	0	0	0	835.48	168.36	2.17	1327.52	1327.52	366.47	366.47
30	-7.5	43.73	184.73	43.73	184.73	0	0	0	902.28	120.58	1.96	1327.52	1327.52	366.47	366.47
32	-8	46.99	186.67	46.99	186.67	0	0	0	939.35	58.07	1.76	1327.52	1327.52	366.47	366.47
34	-8.5	49.884	174.05	49.884	174.05	0	0	0	946.21	-0.42	1.57	1327.52	1327.52	366.47	366.47
36	-9	53.138	161.75	53.138	161.75	0	0	0	926.63	-51.45	1.38	1327.52	1327.52	366.47	366.47
38	-9.5	56.007	149.8	56.007	149.8	0	0	0	884.32	-95.06	1.19	1327.52	1327.52	366.47	366.47
40	-10	59.252	138.2	59.252	138.2	0	0	0	822.88	-131.56	1.01	1327.52	1327.52	366.47	366.47
42	-10.5	62.096	126.94	62.096	126.94	0	0	0	745.85	-160.99	0.84	1327.52	1327.52	366.47	366.47
44	-11	65.329	115.99	65.329	115.99	0	0	0	656.64	-183.66	0.66	1327.52	1327.52	366.47	366.47

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>				
				<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

46	-11.5	68.09	105.31	68.09	105.31	0	0	0	558.63	-199.59	0.5	1327.52	1327.52	366.47	366.47
48	-12	73.309	98.305	73.309	98.305	0	0	0	455.04	-209.18	0.33	1327.52	1327.52	366.47	366.47
50	-12.5	92.194	94.82	92.194	94.82	0	0	0	349.14	-211.78	0.17	1327.52	1327.52	366.47	366.47
52	-13	111.19	91.407	111.19	91.407	0	0	0	246.03	-203.44	0.01	1327.52	1327.52	366.47	366.47
54	-13.5	141.01	88.043	141.01	88.043	0	0	0	151.5	-182.95	-0.15	1327.52	1327.52	366.47	366.47
56	-14	171.6	84.705	171.6	84.705	0	0	0	73.37	-145.97	-0.31	1327.52	1327.52	366.47	366.47
58	-14.5	203.4	81.378	203.4	81.378	0	0	0	20	-92.27	-0.46	1327.52	1327.52	366.47	366.47
60	-15	235.96	78.048	235.96	78.048	0	0	0	0	-21.11	-0.62	1327.52	1327.52	366.47	366.47

**LEGENDA**

Wall node=numero nodo

EL=quota

Sht L=pressione terreno orizzontale totale a sx paratia

Sht R=pressione terreno orizzontale totale a dx paratia

Shs L=pressione terreno orizzontale efficace a sx paratia

Shs R=pressione terreno orizzontale efficace a dx paratia

q=pressioni dovute al sovraccarico

U L=pressione acqua a sx paratia

U R=pressione acqua a dx paratia

M=momento flettente (per metro)

V=taglio (per metro)

dx=spostamento orizzontale

McapL=Momento ultimo lato sx

McapR=Momento ultimo lato dx

VcapL=Taglio ultimo resistente lato sx

VcapR=Taglio ultimo resistente lato dx

**Progetto: My Project**
**Risultati per la Design Section 2: 1: DM08\_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0

#### APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Stage	Design Code	Design Case	F(tan	F	F	F	F(perm	F(temp	F(perm	F(temp	F Earth	F Earth	F GWT	F GWT	F HYD	F HYD	F UPL	F UPL
	Name		fr)	(c')	(Su)	(EQ)	load)	load)	sup)	sup)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)
0	DM08_ITA	1: A1+M1+R1	1	1	1	0	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	1	1.3	1	1.35	0.9	1	1
1	DM08_ITA	1: A1+M1+R1	1	1	1	0	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	1	1.3	1	1.35	0.9	1	1
2	DM08_ITA	1: A1+M1+R1	1	1	1	0	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	1	1.3	1	1.35	0.9	1	1
3	DM08_ITA	1: A1+M1+R1	1	1	1	0	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	1	1.3	1	1.35	0.9	1	1

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su'=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore reazione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

#### DATI TERRENO

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	Springs	Springs	Springs	Springs		Model	
F	18.84	18.84	30	0	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
O1	16.48	14.13	0	19.16	0	0	0	2874	8622	1	1	1	1	True	Linear	
O2	17.27	15.7	28	0	N/A	N/A	N/A	7185	21555	0.36	2.77	N/A	N/A	True	Linear	
S1	19.62	16.48	34	0	N/A	N/A	N/A	19160	57480	0.28	3.54	N/A	N/A	True	Linear	
V	19.62	16.48	28	14.37	71.85	28	28	14370	43110	0.36	2.77	0.36	2.77	True	Linear	
GT	20.41	17.27	36	9.58	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.26	3.85	N/A	N/A	True	Linear	
R	26.69	25.12	30	95.8	N/A	N/A	N/A	479000	1437000	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
Ghiaia messina	19	19	38	0	N/A	N/A	N/A	59200	30000	0.24	4.2	N/A	N/A	True	Linear	

g tot=peso specifico /totale terreno

g dry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

**SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE**

*Codice documento*  
SF0262\_F0

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno  
 Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno  
 Kap= coefficiente di spinta attiva di picco  
 Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco  
 Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco  
 Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco  
 Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidità molle terreno (LIN, EXP, SIMC)  
 LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico  
 EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo  
 SIMC= Modo semplificato per argille

**STRATIGRAFIA TERRENI**

Top Elev= quota superiore strato  
 Soil type=nome del terreno  
 OCR=rapporto di sovraconsolidazione  
 K0=coefficiente di spinta a riposo  
 Nome: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	Ghiaia messina	1	0.38

**DATI GENERALI RELATIVI A MATERIALI E PROPRIETA MECCANICHE ELEMENTI STRUTTURALI**

Acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Fu (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)
A-36	248.3	469	200100	77.0046
A-50	344.8	510	200100	77.0046

Calcestruzzo

Name	Strength Fc' (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)	Tension Strength Ft (MPa)
C28/35	28	32308	25	10
4 ksi Concrete	27.6	24874.5	23.5728	10
5 ksi Concrete	34.5	27810.5	23.5728	10
C25/30	25	31476	25	10



Barre in acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Elastic E (MPa)
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
Grade 75	517.2	200100
Grade 80	551.7	200100
Grade 150	1034.5	200100
Strands 270 ksi	1862.1	200100
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
B450C	450	210000

Legno

Name	Ultimate Bending Strength Fbu (MPa)	Ultimate Tensile Strength FtU (MPa)	Ultimate Shear Strength Fvu (MPa)	Density g (kN/m3)	Elastic E (MPa)
Construction Timber	11	9.7	5.5	7.8576	6900
Regular grade	6.9	6.9	4.1	7.8576	5520

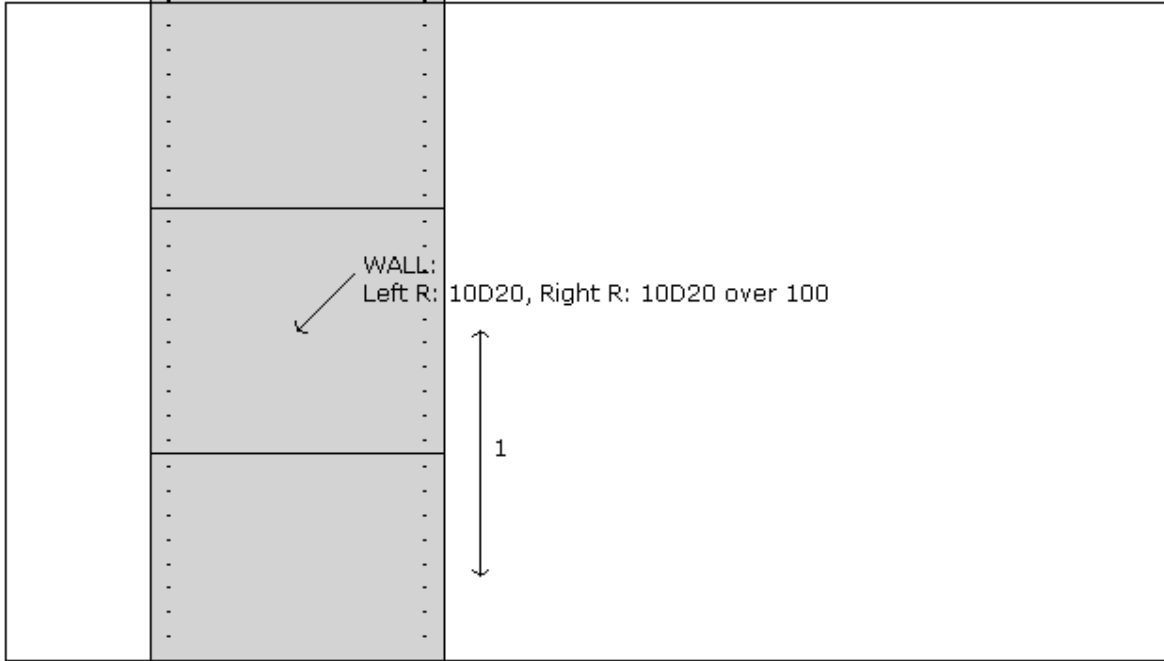
STEEL=acciaio

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Name=nome materiale  
strength fy=fyk=res caratteristica acciaio  
Fu=fuk=resistenza ultima  
Elastic E=modulo elastico  
Density g=peso specifico  
CONCRETE=calcestruzzo  
Name=nome materiale  
f'c=fck=resistenza cilindrica a compressione caratteristica cls  
Elastic E=modulo elastico  
Density g=peso specifico  
Tension strength=ft=fctk=resistenza a trazione caratteristica  
STEEL REBAR  
Name=nome materiale  
strength fy=fyk=resistenza caratteristica acciaio  
Elastic E=modulo elastico  
WOOD=legno  
Name=nome materiale  
Ultimate bending strength Fb=fbk=resistenza caratteristica a flessione  
Ultimate tensile strength Ft=ftuk=res caratt. parallela alle fibre  
Ultimate shear strength Fvu=fvuk=res. caratt. a taglio  
Density g=peso specifico  
Elastic E=modulo elastico

**PROPRIETA' SEZIONI TRAVI DI RIPARTIZIONE**

Sezioni paratia0: Wall 1

		
Societa': DAM Progettista: Engineer	<b>Wall sketch</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011
W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP		2/17/2011

Sezioni paratia0: paratia  
Tipo paratia: Diaframma

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0

Quota sommita' paratia: 0 m Quota piede paratia: -15 m  
Dimensione fuori piano paratia: 1 Spessore paratia = 1.2  
Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1  
 $f_c' / c_{ls} = 25$   $F_y$  barre = 450  $E_{cls} = 31476$   $F_cT$  calcestruzzo a trazione = 10% di  $F_c'$   
 $f_y$  profilati in acciaio = 248.3  $E_{acciaio} = 200100$

Attrito paratia: Ignorato  
Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con NTC 2008  
Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con ACI 318-2002.  
Nota: con la capacita' ultima si dovrebbe adottare un fattore di sicurezza strutturale.  
Diaframma

Tabella: dati solette

Name	Shape	$F_y$	$F_c'$	D	B	Bw	tf	Ctop	Cbot	AsTop	AsBot	A	Pmax	Mmax
		(MPa)	(MPa)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kN-m)
paratia	Rect	450	25	120	100	N/A	N/A	7.6	7.6	31.4	31.4	12000	0	0

#### PROPRIETA' GENERALI

Le travi di ripartizione sono utilizzate sui supporti come elementi strutturali ma non vengono inclusi nel calcolo della rigidezza della paratia.

$f_c' = f_{ck}$  = resistenza cilindrica del calcestruzzo

$f_y = f_y$  = resistenza caratteristica acciaio

$f_y$  = resistenza caratteristica barre di armatura

TABELLA DEI PARAMETRI (parametri principali)

1) Tutte le travi di ripartizione in calcestruzzo hanno sezione rettangolare

N/A= dato non disponibile

$F_y = f_y$

$F_c' = f_{ck}$

D= altezza della trave

B= larghezza della trave

2) Proprieta' della trave in acciaio

W= peso per unita' di lunghezza

A= area

D= diametro

tw= spessore anima

tp= spessore tubo

bf= larghezza ala

tf= spessore ala

k= spessore flangia

I<sub>xx</sub>= modulo di inerzia asse forte (per unita' di lunghezza)

S<sub>xx</sub>= momento statico asse forte (per unita' di lunghezza)

r<sub>x</sub>= raggio giratore di inerzia - asse X

r<sub>y</sub>= raggio giratore di inerzia - asse Y

I<sub>yy</sub>= modulo di inerzia asse debole (per unita' di lunghezza)

S<sub>yy</sub>= momento statico asse debole (per unita' di lunghezza)

r<sub>T</sub>= raggio giratore per la torsione

Cw= costante di ingobbimento

#### PARAMETRI DI CALCOLO PER SINGOLA FASE

Sommario delle assunzioni dell'ultima fase

Name	Analysis	Drive	ka-Mult	Htr T/B	Resist	Res	Contlever	Support	Axial	Used	Min Toe	Toe	Toe
	Method	Press		(%)	Press	Mult	Method	Model	Incl	F <sub>Swall</sub>	F <sub>Dtoe</sub>	F <sub>Srot</sub>	F <sub>Spas</sub>
Stage 0	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	60	2151976.001	1059238.619
Stage 1	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	6.25	7.218	N/A
Stage 2	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	2.667	3.696	N/A



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Stage 3	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	2.5	3.419	4.882
---------	------------	----	-----	-----	----	-----	------------	-------	-----	---	-----	-------	-------

Name=nome fase

----

Analysis method=metodo di calcolo

    COnventional=analisi all'equilibriolimito

    springs UP=analisi non lineare (schema a molle elasto plastiche)

    DR=analisi per terreni tipo argilla in condizione drenata

    U=analisi per terreni tipo argilla in condizione NON drenata

    Up=analisi non drenata solo per i terreni selezionati

----

Drive press=Ka=spinta terreno attiva

ka mult=eventuale moltiplicatore Ka

Htr T/B (%)=schema pressione attiva di tipo trapezoidale

Resit press=Kp=spinta terreno passiva

Res Mult=eventuale moltiplicatore Kp

COntle Method=

Support Model=tipologia vincoli fissi (fixed=fissi)

Axial Incl=se azione assiale inclusa

Used FS wall=coeff di riduzione dominio MN

Min FD TOe=sicurezza minima per infissione (analisi classica)

Toe FS rot=sicurezza a rotazione (analisi classica)

Toe FSpas=sicurezza sulle pressioni agenti/resistenti (analisi classica)

#### GRAFICI FASI DI SCAVO

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.

SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	Codice documento	Rev	Data
	SF0262_F0	F0	20/06/2011



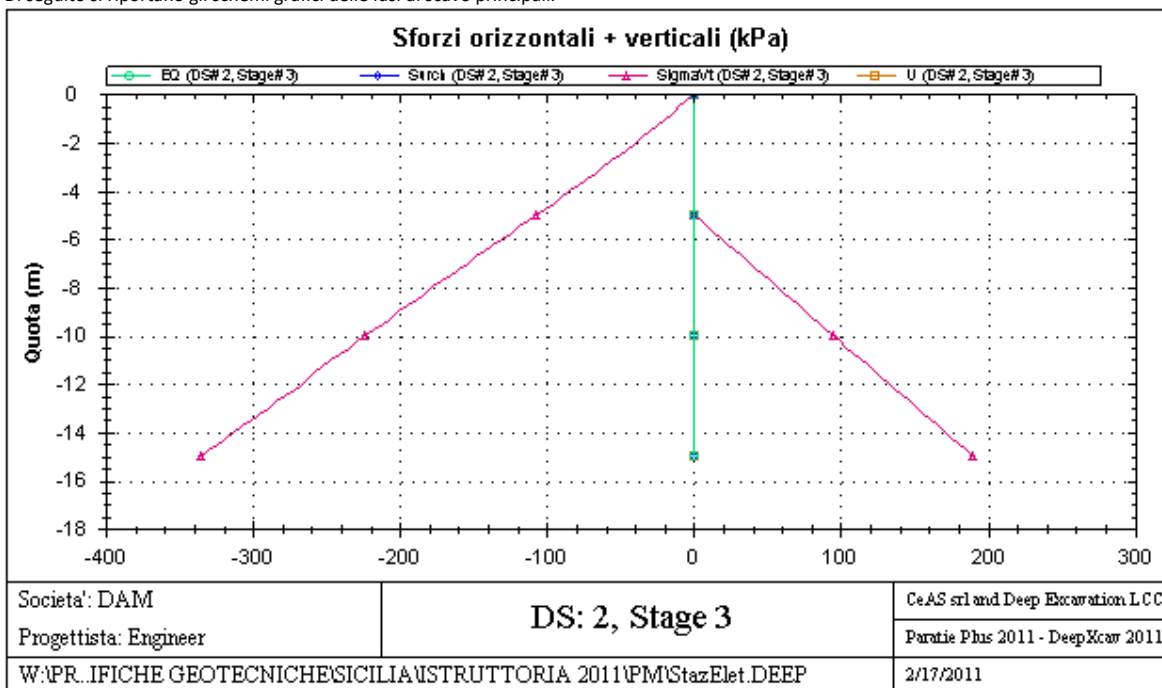
**Stabilita' del piede**

FS infissione per fase

	FS minimo al piede	FS Passivo	FS Rotazione	FS Lunghezza	FS Pass. mobilizzato	FS Forza attiva / attiva teorica
Stage #0	60	1059238.619	2151976.001	60	4.791	1.809
Stage #1	6.25	N/A	7.218	6.25	6.783	1.401
Stage #2	2.667	N/A	3.696	2.667	5.074	1.199
Stage #3	2.5	4.882	3.419	2.5	4.696	1.198

**GRAFICI FASI DI SCAVO**

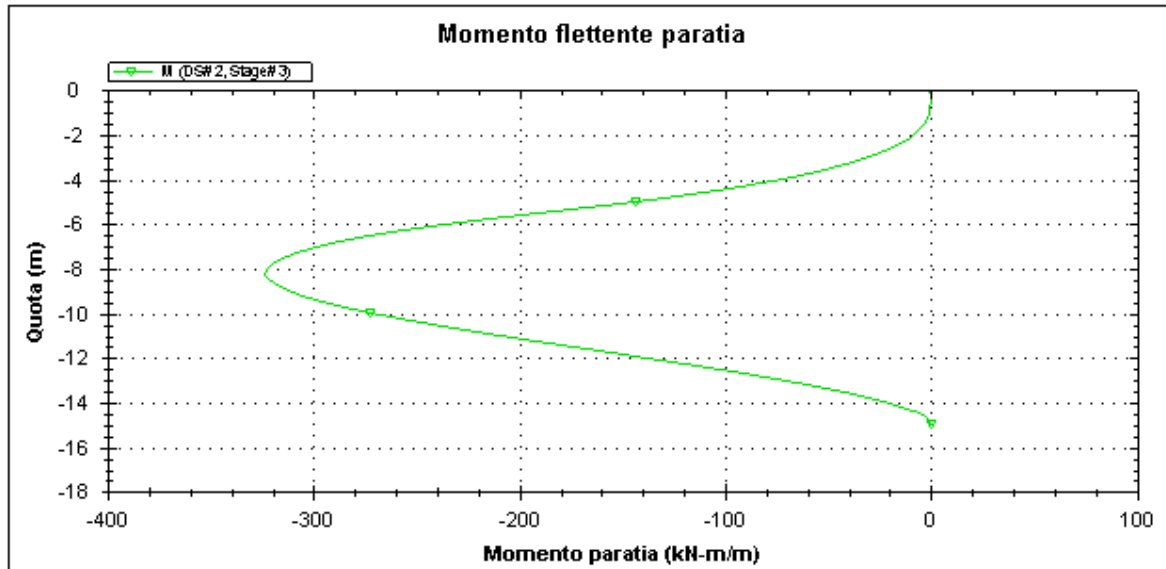
Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev	Data
F0	20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

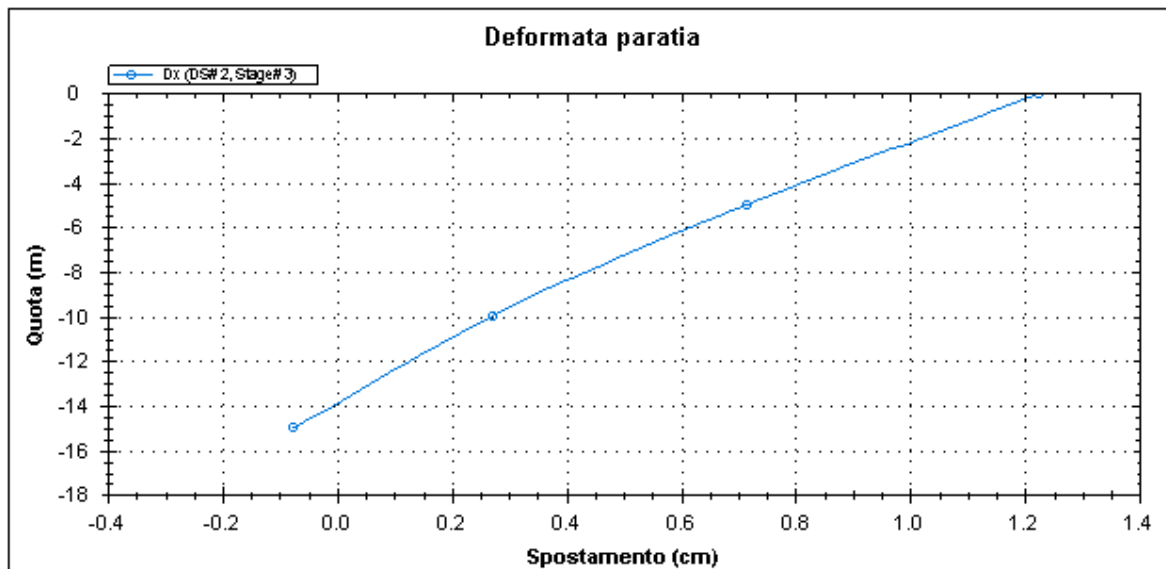
**DS: 2, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

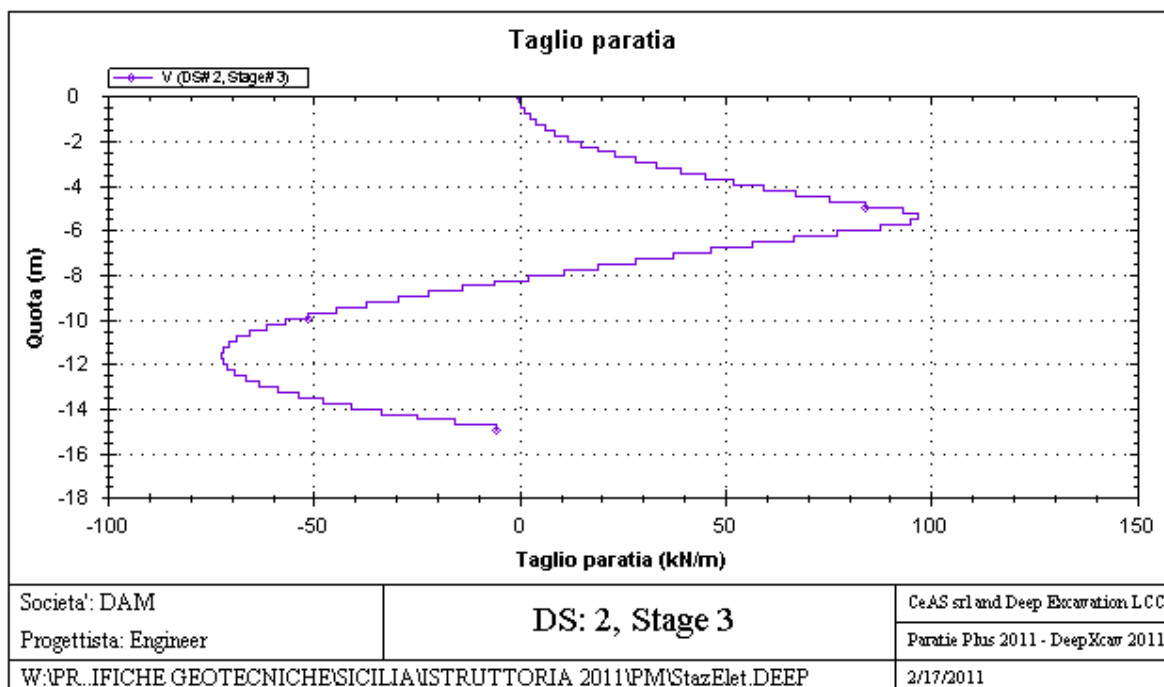
**DS: 2, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP



2/17/2011



**TABELLA RISULTATI PARATIA**

Wall 1 Stage: 3

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN- m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN- m/m)	(kN- m/m)	(kN/m)	(kN/m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.22	1327.52	1327.52	366.47	366.47
2	-0.5	2.527	0	2.527	0	0	0	0	0.1	0.41	1.17	1327.52	1327.52	366.47	366.47
4	-1	5.106	0	5.106	0	0	0	0	1.03	2.47	1.12	1327.52	1327.52	366.47	366.47
6	-1.5	7.76	0	7.76	0	0	0	0	3.61	6.22	1.07	1327.52	1327.52	366.47	366.47
8	-2	10.485	0	10.485	0	0	0	0	8.72	11.7	1.02	1327.52	1327.52	366.47	366.47
10	-2.5	13.291	0	13.291	0	0	0	0	17.24	18.96	0.97	1327.52	1327.52	366.47	366.47
12	-3	16.233	0	16.233	0	0	0	0	30.08	28.08	0.92	1327.52	1327.52	366.47	366.47
14	-3.5	19.137	0	19.137	0	0	0	0	48.2	39.1	0.86	1327.52	1327.52	366.47	366.47
16	-4	22.262	0	22.262	0	0	0	0	72.54	52.05	0.81	1327.52	1327.52	366.47	366.47
18	-4.5	25.211	0	25.211	0	0	0	0	104.12	67.01	0.76	1327.52	1327.52	366.47	366.47
20	-5	28.418	0	28.418	0	0	0	0	143.9	83.92	0.71	1327.52	1327.52	366.47	366.47
22	-5.5	31.37	36.945	31.37	36.945	0	0	0	191.4	96.87	0.66	1327.52	1327.52	366.47	366.47
24	-6	34.614	67.136	34.614	67.136	0	0	0	237.11	87.78	0.62	1327.52	1327.52	366.47	366.47
26	-6.5	37.554	68.935	37.554	68.935	0	0	0	273.12	66.8	0.57	1327.52	1327.52	366.47	366.47
28	-7	40.812	70.07	40.812	70.07	0	0	0	298.95	46.73	0.52	1327.52	1327.52	366.47	366.47
30	-7.5	43.73	70.886	43.73	70.886	0	0	0	315.26	28.06	0.48	1327.52	1327.52	366.47	366.47
32	-8	46.99	72.736	46.99	72.736	0	0	0	322.74	10.67	0.43	1327.52	1327.52	366.47	366.47
34	-8.5	49.884	74.77	49.884	74.77	0	0	0	321.84	-5.9	0.39	1327.52	1327.52	366.47	366.47
36	-9	53.138	76.794	53.138	76.794	0	0	0	312.87	-21.88	0.35	1327.52	1327.52	366.47	366.47
38	-9.5	56.007	78.825	56.007	78.825	0	0	0	296.2	-37.1	0.31	1327.52	1327.52	366.47	366.47
40	-10	63.471	80.871	63.471	80.871	0	0	0	272.3	-51.14	0.27	1327.52	1327.52	366.47	366.47
42	-10.5	70.832	82.938	70.832	82.938	0	0	0	242.71	-61.56	0.23	1327.52	1327.52	366.47	366.47
44	-11	78.641	85.024	78.641	85.024	0	0	0	209.21	-68.49	0.2	1327.52	1327.52	366.47	366.47

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>				
				<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

46	-11.5	85.668	87.128	85.668	87.128	0	0	0	173.63	-71.78	0.16	1327.52	1327.52	366.47	366.47
48	-12	92.346	89.248	92.346	89.248	0	0	0	137.57	-71.99	0.13	1327.52	1327.52	366.47	366.47
50	-12.5	99.428	91.378	99.428	91.378	0	0	0	102.52	-69.21	0.09	1327.52	1327.52	366.47	366.47
52	-13	106.76	93.515	106.76	93.515	0	0	0	70.09	-63.12	0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
54	-13.5	114.03	95.654	114.03	95.654	0	0	0	41.97	-53.66	0.02	1327.52	1327.52	366.47	366.47
56	-14	121.24	97.791	121.24	97.791	0	0	0	19.82	-40.9	-0.01	1327.52	1327.52	366.47	366.47
58	-14.5	128.41	99.923	128.41	99.923	0	0	0	5.29	-24.85	-0.04	1327.52	1327.52	366.47	366.47
60	-15	136.41	102.05	136.41	102.05	0	0	0	0	-5.56	-0.08	1327.52	1327.52	366.47	366.47

**LEGENDA**

Wall node=numero nodo

EL=quota

Sht L=pressione terreno orizzontale totale a sx paratia

Sht R=pressione terreno orizzontale totale a dx paratia

Shs L=pressione terreno orizzontale efficace a sx paratia

Shs R=pressione terreno orizzontale efficace a dx paratia

q=pressioni dovute al sovraccarico

U L=pressione acqua a sx paratia

U R=pressione acqua a dx paratia

M=momento flettente (per metro)

V=taglio (per metro)

dx=spostamento orizzontale

McapL=Momento ultimo lato sx

McapR=Momento ultimo lato dx

VcapL=Taglio ultimo resistente lato sx

VcapR=Taglio ultimo resistente lato dx

**Progetto: My Project**
**Risultati per la Design Section 3: 1: DM08\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Stage	Design Code	Design Case	F(tan	F	F	F	F(perm	F(temp	F(perm	F(temp	F Earth	F Earth	F GWT	F GWT	F HYD	F HYD	F UPL	F UPL
	Name		fr)	(c')	(Su)	(EQ)	load)	load)	sup)	sup)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)
0	DM08_ITA	2: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	0	1	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1
1	DM08_ITA	2: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	0	1	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1
2	DM08_ITA	2: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	0	1	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1
3	DM08_ITA	2: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	0	1	1.3	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su'=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore reazione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

#### DATI TERRENO

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	Springs	Springs	Springs	Springs		Model	
F	18.84	18.84	30	0	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
O1	16.48	14.13	0	19.16	0	0	0	2874	8622	1	1	1	1	True	Linear	
O2	17.27	15.7	28	0	N/A	N/A	N/A	7185	21555	0.36	2.77	N/A	N/A	True	Linear	
S1	19.62	16.48	34	0	N/A	N/A	N/A	19160	57480	0.28	3.54	N/A	N/A	True	Linear	
V	19.62	16.48	28	14.37	71.85	28	28	14370	43110	0.36	2.77	0.36	2.77	True	Linear	
GT	20.41	17.27	36	9.58	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.26	3.85	N/A	N/A	True	Linear	
R	26.69	25.12	30	95.8	N/A	N/A	N/A	479000	1437000	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
Ghiaia messina	19	19	38	0	N/A	N/A	N/A	59200	30000	0.24	4.2	N/A	N/A	True	Linear	

g tot=peso specifico /totale terreno

g dry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

**SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE**

*Codice documento*  
SF0262\_F0

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno  
 Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno  
 Kap= coefficiente di spinta attiva di picco  
 Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco  
 Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco  
 Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco  
 Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidità molle terreno (LIN, EXP, SIMC)  
 LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico  
 EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo  
 SIMC= Modo semplificato per argille

**STRATIGRAFIA TERRENI**

Top Elev= quota superiore strato  
 Soil type=nome del terreno  
 OCR=rappporto di sovraconsolidazione  
 K0=coefficiente di spinta a riposo  
 Nome: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	Ghiaia messina	1	0.38

**DATI GENERALI RELATIVI A MATERIALI E PROPRIETA MECCANICHE ELEMENTI STRUTTURALI**

Acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Fu (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)
A-36	248.3	469	200100	77.0046
A-50	344.8	510	200100	77.0046

Calcestruzzo

Name	Strength Fc' (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)	Tension Strength Ft (MPa)
C28/35	28	32308	25	10
4 ksi Concrete	27.6	24874.5	23.5728	10
5 ksi Concrete	34.5	27810.5	23.5728	10
C25/30	25	31476	25	10

Barre in acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Elastic E (MPa)
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
Grade 75	517.2	200100
Grade 80	551.7	200100
Grade 150	1034.5	200100
Strands 270 ksi	1862.1	200100
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
B450C	450	210000

Legno

Name	Ultimate Bending Strength Fbu (MPa)	Ultimate Tensile Strength FtU (MPa)	Ultimate Shear Strength Fvu (MPa)	Density g (kN/m3)	Elastic E (MPa)
Construction Timber	11	9.7	5.5	7.8576	6900
Regular grade	6.9	6.9	4.1	7.8576	5520

STEEL=acciaio

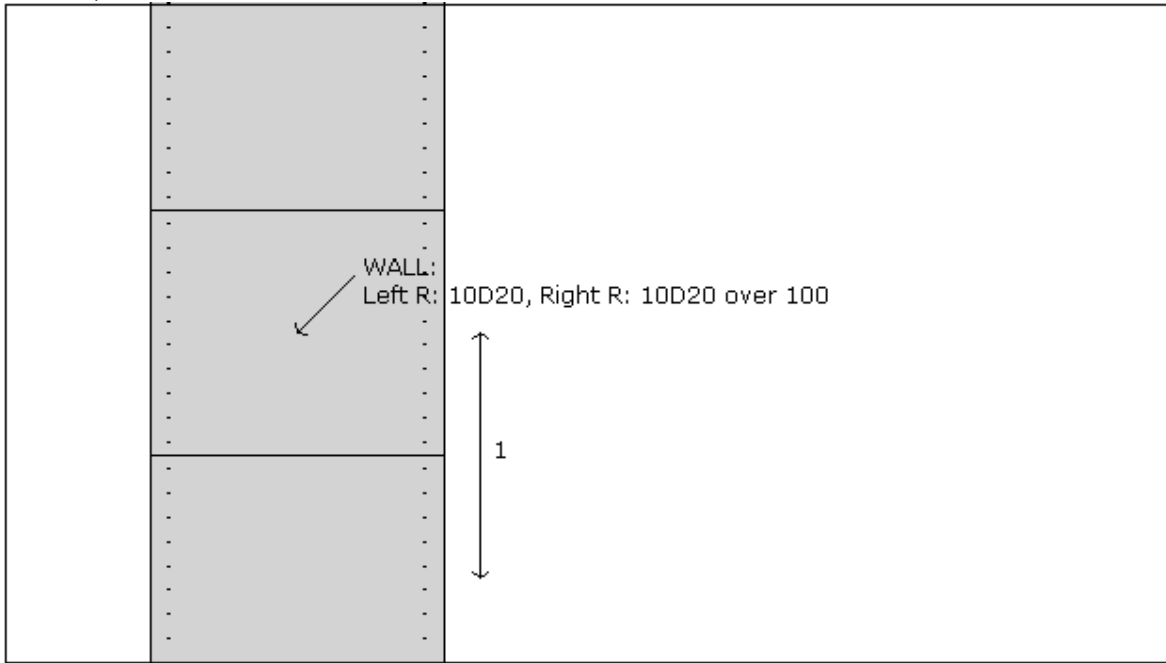


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Name=nome materiale  
strength fy=fyk=res caratteristica acciaio  
Fu=fuk=resistenza ultima  
Elastic E=modulo elastico  
Density g=peso specifico  
CONCRETE=calcestruzzo  
Name=nome materiale  
f'c=fck=resistenza cilindrica a compressione caratteristica cls  
Elastic E=modulo elastico  
Density g=peso specifico  
Tension strength=ft=fctk=resistenza a trazione caratteristica  
STEEL REBAR  
Name=nome materiale  
strength fy=fyk=resistenza caratteristica acciaio  
Elastic E=modulo elastico  
WOOD=legno  
Name=nome materiale  
Ultimate bending strength Fb=fbk=resistenza caratteristica a flessione  
Ultimate tensile strength FtU=ftuk=res caratt. parallela alle fibre  
Ultimate shear strength Fvu=fvuk=res. caratt. a taglio  
Density g=peso specifico  
Elastic E=modulo elastico

**PROPRIETA' SEZIONI TRAVI DI RIPARTIZIONE**

Sezioni paratia0: Wall 1

		
Societa': DAM Progettista: Engineer	<b>Wall sketch</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011
W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP		2/17/2011

Sezioni paratia0: paratia  
Tipo paratia: Diaframma

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0

Quota sommita' paratia: 0 m Quota piede paratia: -15 m  
Dimensione fuori piano paratia: 1 Spessore paratia = 1.2  
Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1  
 $f_c' / c_{ls} = 25$   $F_y$  barre = 450  $E_{cls} = 31476$   $F_cT$  calcestruzzo a trazione = 10% di  $F_c'$   
 $f_y$  profilati in acciaio = 248.3  $E_{acciaio} = 200100$

Attrito paratia: Ignorato  
Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con NTC 2008  
Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con ACI 318-2002.  
Nota: con la capacita' ultima si dovrebbe adottare un fattore di sicurezza strutturale.  
Diaframma

Tabella: dati solette

Name	Shape	$F_y$	$F_c'$	D	B	Bw	tf	Ctop	Cbot	AsTop	AsBot	A	Pmax	Mmax
		(MPa)	(MPa)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kN-m)
paratia	Rect	450	25	120	100	N/A	N/A	7.6	7.6	31.4	31.4	12000	0	0

**PROPRIETA' GENERALI**

Le travi di ripartizione sono utilizzate sui supporti come elementi strutturali ma non vengono inclusi nel calcolo della rigidezza della paratia.

$f_c' = f_{ck}$  = resistenza cilindrica del calcestruzzo

$f_y = f_y$  = resistenza caratteristica acciaio

$f_y$  = resistenza caratteristica barre di armatura

TABELLA DEI PARAMETRI (parametri principali)

1) Tutte le travi di ripartizione in calcestruzzo hanno sezione rettangolare

N/A= dato non disponibile

$F_y = f_y$

$F_c' = f_{ck}$

D= altezza della trave

B= larghezza della trave

2) Proprieta' della trave in acciaio

W= peso per unita' di lunghezza

A= area

D= diametro

tw= spessore anima

tp= spessore tubo

bf= larghezza ala

tf= spessore ala

k= spessore flangia

Ixx= modulo di inerzia asse forte (per unita' di lunghezza)

Sxx= momento statico asse forte (per unita' di lunghezza)

rx= raggio giratore di inerzia - asse X

ry= raggio giratore di inerzia - asse Y

Iyy= modulo di inerzia asse debole (per unita' di lunghezza)

Syy= momento statico asse debole (per unita' di lunghezza)

rT= raggio giratore per la torsione

Cw= costante di ingobbimento

**PARAMETRI DI CALCOLO PER SINGOLA FASE**

Sommario delle assunzioni dell'ultima fase

Name	Analysis	Drive	ka-Mult	Htr T/B	Resist	Res	Contlever	Support	Axial	Used	Min Toe	Toe	Toe
	Method	Press		(%)	Press	Mult	Method	Model	Incl	FSwall	FDtoe	FSrot	FSpas
Stage 0	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	60	2104656.414	1045399.358
Stage 1	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	5.476	5.476	N/A
Stage 2	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	2.222	2.804	N/A

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Stage 3	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	2.105	2.555	3.632
---------	------------	----	-----	-----	----	-----	------------	-------	-----	---	-------	-------	-------

Name=nome fase

----

Analysis method=metodo di calcolo

    C=Conventional=analisi all'equilibriolimito

    UP=springs UP=analisi non lineare (schema a molle elasto plastiche)

    DR=DR=analisi per terreni tipo argilla in condizione drenata

    U=U=analisi per terreni tipo argilla in condizione NON drenata

    Up=Up=analisi non drenata solo per i terreni selezionati

----

Drive press=Ka=spinta terreno attiva

ka mult=eventuale moltiplicatore Ka

Htr T/B (%)=schema pressione attiva di tipo trapezoidale

Resit press=Kp=spinta terreno passiva

Res Mult=eventuale moltiplicatore Kp

COntle Method=

Support Model=tipologia vincoli fissi (fixed=fissi)

Axial Incl=se azione assiale inclusa

Used FS wall=coeff di riduzione dominio MN

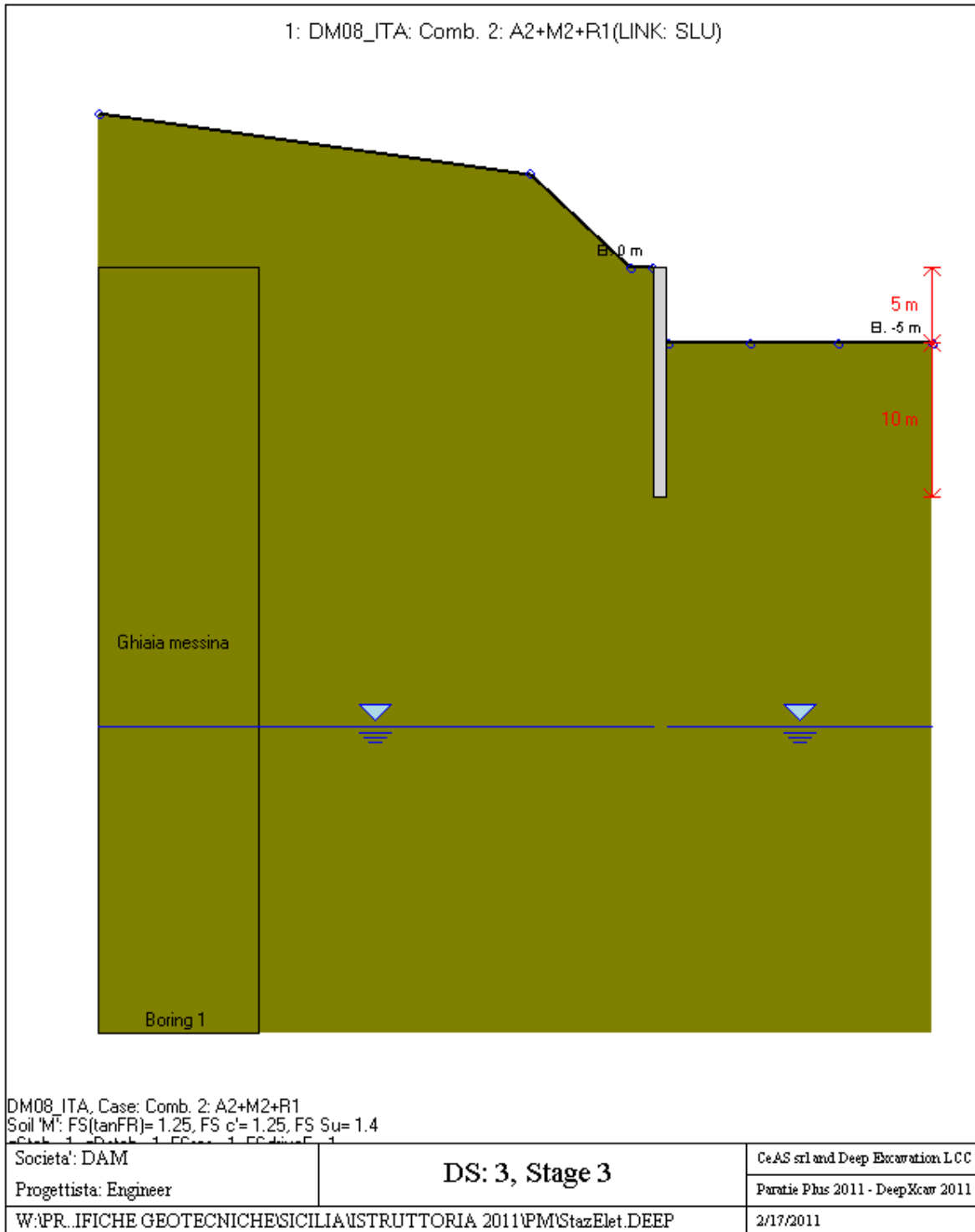
Min FD TOe=sicurezza minima per infissione (analisi classica)

Toe FS rot=sicurezza a rotazione (analisi classica)

Toe FSpas=sicurezza sulle pressioni agenti/resistenti (analisi classica)

#### GRAFICI FASI DI SCAVO

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



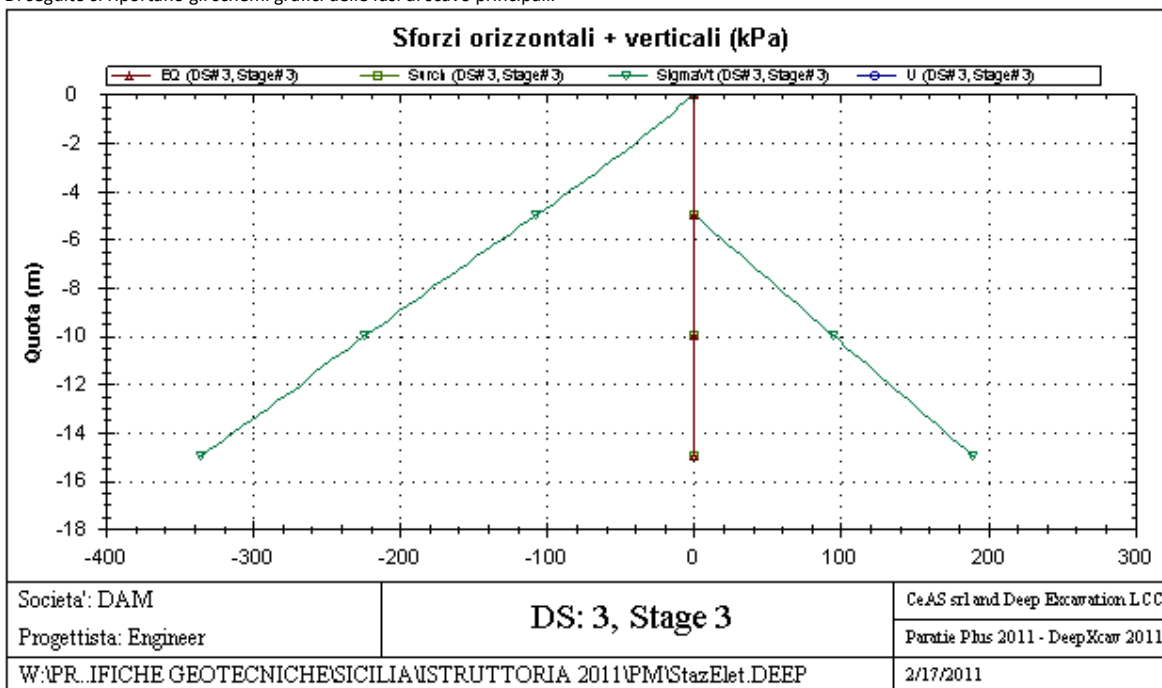
**Stabilita' del piede**

FS infissione per fase

	FS minimo al piede	FS Passivo	FS Rotazione	FS Lunghezza	FS Pass. mobilizzato	FS Forza attiva / attiva teorica
Stage #0	60	1045399.358	2104656.414	60	3.302	1.638
Stage #1	5.476	N/A	5.476	5.556	4.411	1.271
Stage #2	2.222	N/A	2.804	2.222	3.143	1.141
Stage #3	2.105	3.632	2.555	2.105	2.86	1.143

**GRAFICI FASI DI SCAVO**

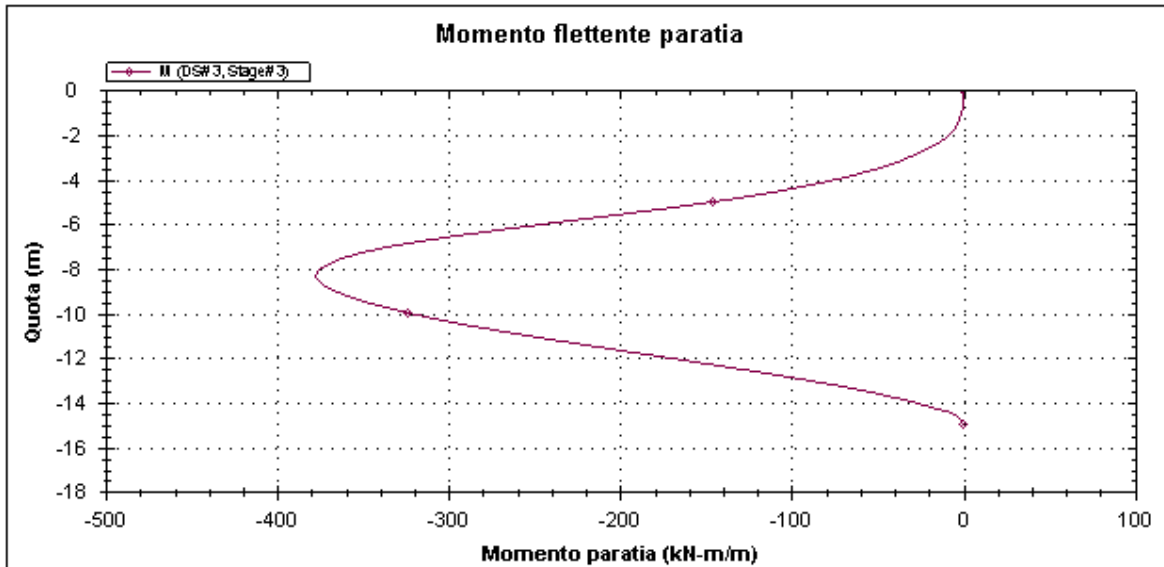
Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev	Data
F0	20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

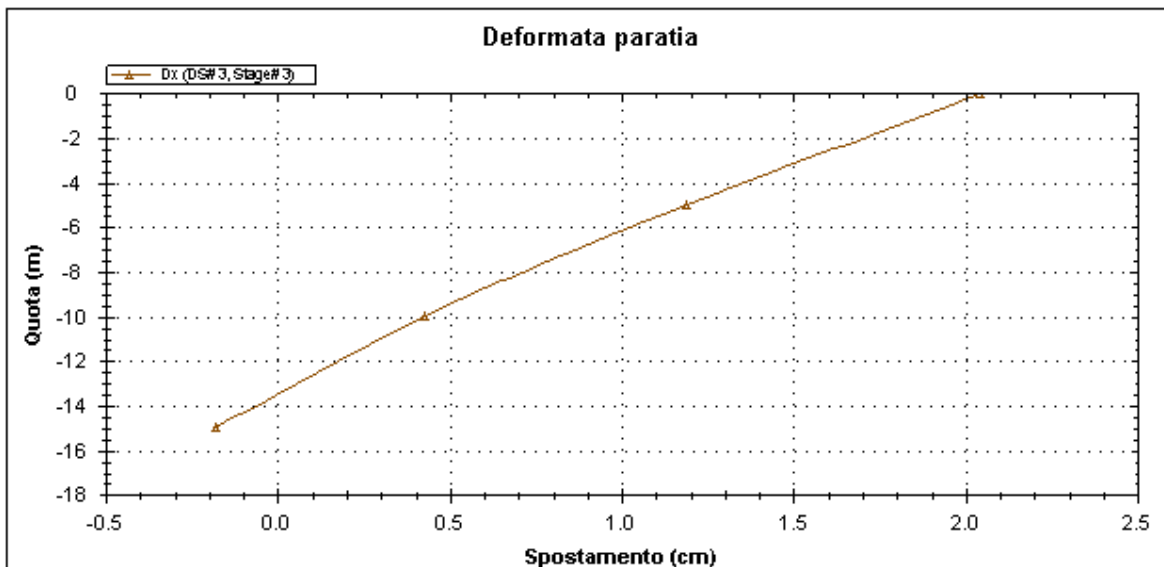
**DS: 3, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

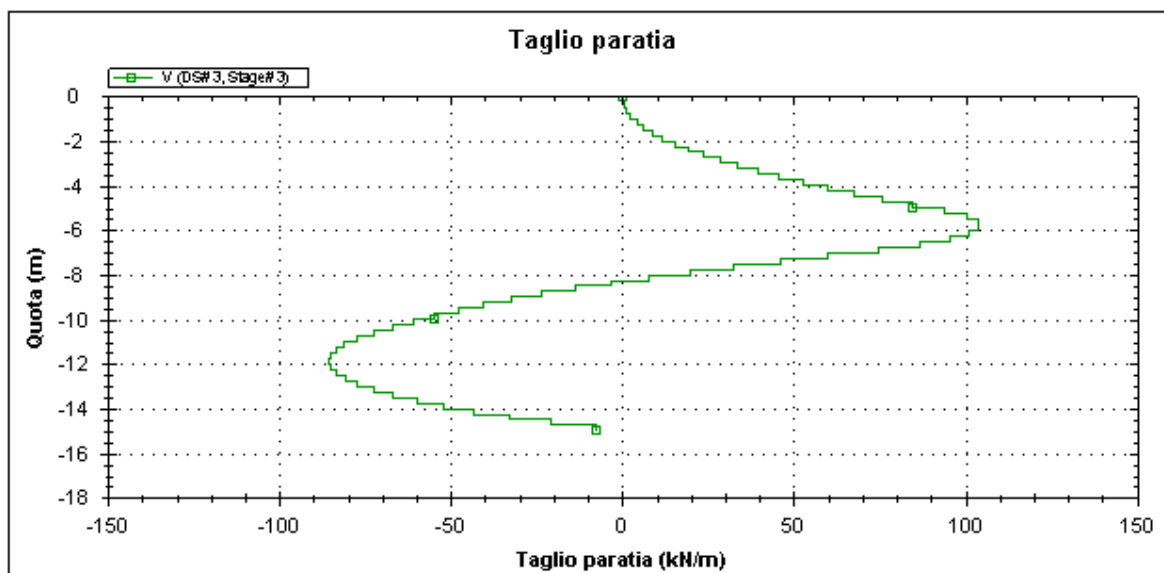
**DS: 3, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM	<b>DS: 3, Stage 3</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Progettista: Engineer		Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011
W:\PR...IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP		2/17/2011

**TABELLA RISULTATI PARATIA**

Wall 1 Stage: 3

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m/m)	(kN/m)	(kN/m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.04	1327.52	1327.52	366.47	366.47
2	-0.5	3.356	0	3.356	0	0	0	0	0.11	0.42	1.96	1327.52	1327.52	366.47	366.47
4	-1	6.738	0	6.738	0	0	0	0	1.05	2.52	1.87	1327.52	1327.52	366.47	366.47
6	-1.5	10.219	0	10.219	0	0	0	0	3.68	6.32	1.79	1327.52	1327.52	366.47	366.47
8	-2	13.793	0	13.793	0	0	0	0	8.87	11.88	1.7	1327.52	1327.52	366.47	366.47
10	-2.5	17.475	0	17.475	0	0	0	0	17.51	19.23	1.61	1327.52	1327.52	366.47	366.47
12	-3	21.333	0	21.333	0	0	0	0	30.52	28.45	1.53	1327.52	1327.52	366.47	366.47
14	-3.5	25.144	0	25.144	0	0	0	0	48.86	39.59	1.44	1327.52	1327.52	366.47	366.47
16	-4	29.243	0	29.243	0	0	0	0	73.5	52.67	1.36	1327.52	1327.52	366.47	366.47
18	-4.5	33.11	0	33.11	0	0	0	0	105.44	67.78	1.27	1327.52	1327.52	366.47	366.47
20	-5	37.318	0	37.318	0	0	0	0	145.67	84.87	1.19	1327.52	1327.52	366.47	366.47
22	-5.5	41.196	28.187	41.196	28.187	0	0	0	194.35	100.5	1.11	1327.52	1327.52	366.47	366.47
24	-6	45.456	56.373	45.456	56.373	0	0	0	246.28	104.01	1.02	1327.52	1327.52	366.47	366.47
26	-6.5	49.316	84.56	49.316	84.56	0	0	0	295.48	95.51	0.94	1327.52	1327.52	366.47	366.47
28	-7	53.594	112.75	53.594	112.75	0	0	0	335.87	74.89	0.86	1327.52	1327.52	366.47	366.47
30	-7.5	57.427	111.2	57.427	111.2	0	0	0	362.38	45.95	0.79	1327.52	1327.52	366.47	366.47
32	-8	61.708	109.25	61.708	109.25	0	0	0	375.47	19.83	0.71	1327.52	1327.52	366.47	366.47
34	-8.5	65.508	107.28	65.508	107.28	0	0	0	376.65	-3.2	0.64	1327.52	1327.52	366.47	366.47
36	-9	69.781	105.37	69.781	105.37	0	0	0	367.42	-23.31	0.56	1327.52	1327.52	366.47	366.47
38	-9.5	73.549	103.54	73.549	103.54	0	0	0	349.27	-40.38	0.5	1327.52	1327.52	366.47	366.47
40	-10	77.81	103.04	77.81	103.04	0	0	0	323.64	-54.63	0.43	1327.52	1327.52	366.47	366.47
42	-10.5	81.545	104.34	81.545	104.34	0	0	0	291.68	-66.92	0.36	1327.52	1327.52	366.47	366.47
44	-11	91.429	105.7	91.429	105.7	0	0	0	254.19	-77.34	0.3	1327.52	1327.52	366.47	366.47

**SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE**

*Codice documento*  
SF0262\_F0

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

46	-11.5	101.16	107.1	101.16	107.1	0	0	0	213.12	-83.39	0.24	1327.52	1327.52	366.47	366.47
48	-12	110.45	108.54	110.45	108.54	0	0	0	170.55	-85.37	0.17	1327.52	1327.52	366.47	366.47
50	-12.5	120.23	110.02	120.23	110.02	0	0	0	128.48	-83.42	0.11	1327.52	1327.52	366.47	366.47
52	-13	130.31	111.51	130.31	111.51	0	0	0	88.95	-77.22	0.05	1327.52	1327.52	366.47	366.47
54	-13.5	140.3	113.02	140.3	113.02	0	0	0	54.14	-66.75	-0.01	1327.52	1327.52	366.47	366.47
56	-14	150.23	114.52	150.23	114.52	0	0	0	26.14	-52.06	-0.06	1327.52	1327.52	366.47	366.47
58	-14.5	163.56	116.03	163.56	116.03	0	0	0	7.13	-32.88	-0.12	1327.52	1327.52	366.47	366.47
60	-15	177.88	117.53	177.88	117.53	0	0	0	0	-7.54	-0.18	1327.52	1327.52	366.47	366.47

**LEGENDA**

Wall node=numero nodo

EL=quota

Sht L=pressione terreno orizzontale totale a sx paratia

Sht R=pressione terreno orizzontale totale a dx paratia

Shs L=pressione terreno orizzontale efficace a sx paratia

Shs R=pressione terreno orizzontale efficace a dx paratia

q=pressioni dovute al sovraccarico

U L=pressione acqua a sx paratia

U R=pressione acqua a dx paratia

M=momento flettente (per metro)

V=taglio (per metro)

dx=spostamento orizzontale

McapL=Momento ultimo lato sx

McapR=Momento ultimo lato dx

VcapL=Taglio ultimo resistente lato sx

VcapR=Taglio ultimo resistente lato dx

**Progetto: My Project**

**Risultati per la Design Section 4: 1: DM08\_ITA: EQK - Seismic**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0

### APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Stage	Design Code	Design Case	F(tan)	F	F	F	F	F(perm)	F(temp)	F(perm)	F(temp)	F Earth	F Earth	F GWT	F GWT	F HYD	F HYD	F UPL	F UPL
	Name		fr	(c')	(Su)	(EQ)	load	load	sup	sup	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	(Dstab)	(stab)	
0	DM08_ITA	EQK - Seismic	1.25	1.25	1.4	1	1	1	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1	
1	DM08_ITA	EQK - Seismic	1.25	1.25	1.4	1	1	1	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1	
2	DM08_ITA	EQK - Seismic	1.25	1.25	1.4	1	1	1	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1	
3	DM08_ITA	EQK - Seismic	1.25	1.25	1.4	1	1	1	1.2	1.1	1	1	1	1	1.35	0.9	1	1	

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore reazione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

### DATI TERRENO

Name	g tot	g dry	Frict	C'	Su	FRp	FRcv	Eload	Eur	kAp	kPp	kAcv	kPcv	Vary	Spring	Color
	(kN/m3)	(kN/m3)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(deg)	(kPa)	(kPa)	Springs	Springs	Springs	Springs		Model	
F	18.84	18.84	30	0	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
O1	16.48	14.13	0	19.16	0	0	0	2874	8622	1	1	1	1	True	Linear	
O2	17.27	15.7	28	0	N/A	N/A	N/A	7185	21555	0.36	2.77	N/A	N/A	True	Linear	
S1	19.62	16.48	34	0	N/A	N/A	N/A	19160	57480	0.28	3.54	N/A	N/A	True	Linear	
V	19.62	16.48	28	14.37	71.85	28	28	14370	43110	0.36	2.77	0.36	2.77	True	Linear	
GT	20.41	17.27	36	9.58	N/A	N/A	N/A	14370	43110	0.26	3.85	N/A	N/A	True	Linear	
R	26.69	25.12	30	95.8	N/A	N/A	N/A	479000	1437000	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
Ghiaia messina	19	19	38	0	N/A	N/A	N/A	59200	30000	0.24	4.2	N/A	N/A	True	Linear	

g tot=peso specifico /totale terreno

g dry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno  
 Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno  
 Kap= coefficiente di spinta attiva di picco  
 Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco  
 Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco  
 Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco  
 Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidezza molle terreno (LIN, EXP, SIMC)  
 LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico  
 EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo  
 SIMC= Modo semplificato per argille

**STRATIGRAFIA TERRENI**

Top Soil OCR=rapporto KO=coefficiente di spinta a riposo  
 Elev= type=nome di strato terreno sovraconsolidazione  
 quota del superiore  
 Nome: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	Ghiaia messina	1	0.38

**DATI GENERALI RELATIVI A MATERIALI E PROPRIETA MECCANICHE ELEMENTI STRUTTURALI**

Acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Fu (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)
A-36	248.3	469	200100	77.0046
A-50	344.8	510	200100	77.0046

Calcestruzzo

Name	Strength Fc' (MPa)	Elastic E (MPa)	Density g (kN/m3)	Tension Strength Ft (MPa)
C28/35	28	32308	25	10
4 ksi Concrete	27.6	24874.5	23.5728	10
5 ksi Concrete	34.5	27810.5	23.5728	10
C25/30	25	31476	25	10

Barre in acciaio

Name	Strength Fy (MPa)	Elastic E (MPa)
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
Grade 75	517.2	200100
Grade 80	551.7	200100
Grade 150	1034.5	200100
Strands 270 ksi	1862.1	200100
S1860 (Strands fyk)	1670	210000
B450C	450	210000

Legno

Name	Ultimate Bending Strength Fbu (MPa)	Ultimate Tensile Strength FtU (MPa)	Ultimate Shear Strength Fvu (MPa)	Density g (kN/m3)	Elastic E (MPa)
Construction Timber	11	9.7	5.5	7.8576	6900
Regular grade	6.9	6.9	4.1	7.8576	5520

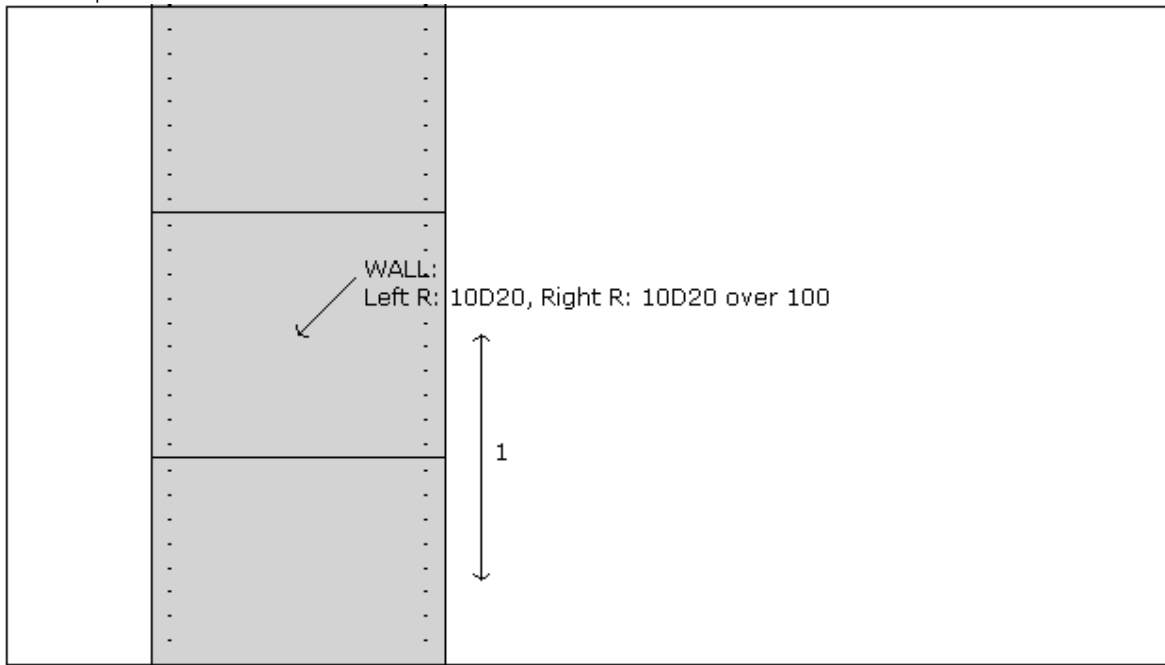
STEEL=acciaio

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Name=nome materiale  
strength fy=fyk=res caratteristica acciaio  
Fu=fuk=resistenza ultima  
Elastic E=modulo elastico  
Density g=peso specifico  
CONCRETE=calcestruzzo  
Name=nome materiale  
f'c=fck=resistenza cilindrica a compressione caratteristica cls  
Elastic E=modulo elastico  
Density g=peso specifico  
Tension strength=ft=fctk=resistenza a trazione caratteristica  
STEEL REBAR  
Name=nome materiale  
strength fy=fyk=resistenza caratteristica acciaio  
Elastic E=modulo elastico  
WOOD=legno  
Name=nome materiale  
Ultimate bending strength Fb=fbk=resistenza caratteristica a flessione  
Ultimate tensile strength Ft=ftuk=res caratt. parallela alle fibre  
Ultimate shear strength Fvu=fvuk=res. caratt. a taglio  
Density g=peso specifico  
Elastic E=modulo elastico

**PROPRIETA' SEZIONI TRAVI DI RIPARTIZIONE**

Sezioni paratia0: Wall 1

		
Societa': DAM Progettista: Engineer	<b>Wall sketch</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011
W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP		2/17/2011

Sezioni paratia0: paratia  
Tipo paratia: Diaframma

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0

Quota sommita' paratia: 0 m Quota piede paratia: -15 m  
Dimensione fuori piano paratia: 1 Spessore paratia = 1.2  
Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 1 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di scavo: 1  
 $f_c' / c_{ls} = 25$   $F_y$  barre = 450  $E_{cls} = 31476$   $F_cT$  calcestruzzo a trazione = 10% di  $F_c'$   
 $f_y$  profilati in acciaio = 248.3  $E_{acciaio} = 200100$

Attrito paratia: Ignorato  
Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con NTC 2008  
Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con ACI 318-2002.  
Nota: con la capacita' ultima si dovrebbe adottare un fattore di sicurezza strutturale.  
Diaframma

Tabella: dati solette

Name	Shape	$F_y$	$F_c'$	D	B	Bw	tf	Ctop	Cbot	AsTop	AsBot	A	Pmax	Mmax
		(MPa)	(MPa)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kN-m)
paratia	Rect	450	25	120	100	N/A	N/A	7.6	7.6	31.4	31.4	12000	0	0

**PROPRIETA' GENERALI**

Le travi di ripartizione sono utilizzate sui supporti come elementi strutturali ma non vengono inclusi nel calcolo della rigidezza della paratia.

$f_c' = f_{ck}$  = resistenza cilindrica del calcestruzzo

$f_y = f_y$  = resistenza caratteristica acciaio

$f_y$  = resistenza caratteristica barre di armatura

TABELLA DEI PARAMETRI (parametri principali)

1) Tutte le travi di ripartizione in calcestruzzo hanno sezione rettangolare

N/A= dato non disponibile

$F_y = f_y$

$F_c' = f_{ck}$

D= altezza della trave

B= larghezza della trave

2) Proprieta' della trave in acciaio

W= peso per unita' di lunghezza

A= area

D= diametro

tw= spessore anima

tp= spessore tubo

bf= larghezza ala

tf= spessore ala

k= spessore flangia

I<sub>xx</sub>= modulo di inerzia asse forte (per unita' di lunghezza)

S<sub>xx</sub>= momento statico asse forte (per unita' di lunghezza)

r<sub>x</sub>= raggio giratore di inerzia - asse X

r<sub>y</sub>= raggio giratore di inerzia - asse Y

I<sub>yy</sub>= modulo di inerzia asse debole (per unita' di lunghezza)

S<sub>yy</sub>= momento statico asse debole (per unita' di lunghezza)

r<sub>T</sub>= raggio giratore per la torsione

Cw= costante di ingobbimento

**PARAMETRI DI CALCOLO PER SINGOLA FASE**

Sommario delle assunzioni dell'ultima fase

Name	Analysis	Drive	ka-Mult	Htr T/B	Resist	Res	Contlever	Support	Axial	Used	Min Toe	Toe	Toe
	Method	Press		(%)	Press	Mult	Method	Model	Incl	F <sub>Swall</sub>	F <sub>Dtoe</sub>	F <sub>Srot</sub>	F <sub>Spas</sub>
Stage 0	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	60	2104656.414	1045399.358
Stage 1	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	5.476	5.476	N/A
Stage 2	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	2.222	2.804	N/A

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Stage 3	Springs-Up	Ka	N/A	N/A	Kp	N/A	Free Earth	Fixed	N/A	1	1.29	1.453	2.558
---------	------------	----	-----	-----	----	-----	------------	-------	-----	---	------	-------	-------

Name=nome fase

----

Analysis method=metodo di calcolo

    C=Conventional=analisi all'equilibriolimito

    UP=springs UP=analisi non lineare (schema a molle elasto plastiche)

    DR=analisi per terreni tipo argilla in condizione drenata

    U=analisi per terreni tipo argilla in condizione NON drenata

    Up=analisi non drenata solo per i terreni selezionati

----

Drive press=Ka=spinta terreno attiva

ka mult=eventuale moltiplicatore Ka

Htr T/B (%)=schema pressione attiva di tipo trapezoidale

Resit press=Kp=spinta terreno passiva

Res Mult=eventuale moltiplicatore Kp

COntle Method=

Support Model=tipologia vincoli fissi (fixed=fissi)

Axial Incl=se azione assiale inclusa

Used FS wall=coeff di riduzione dominio MN

Min FD TOe=sicurezza minima per infissione (analisi classica)

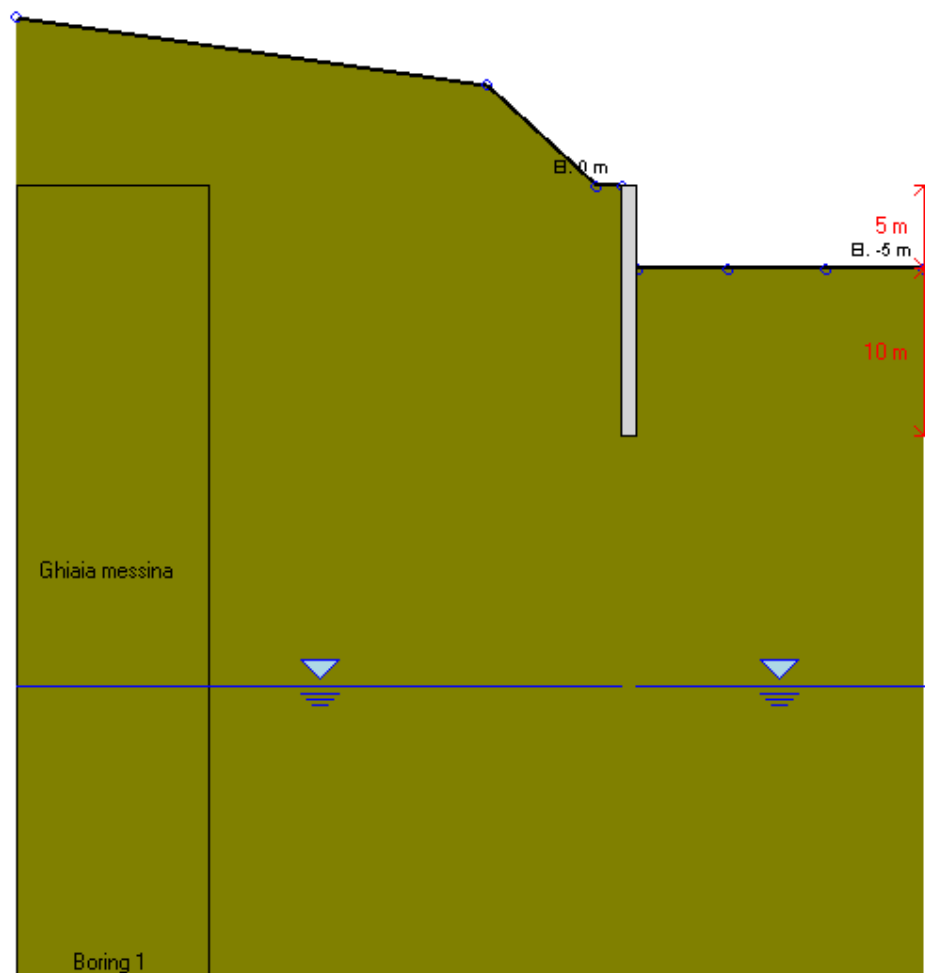
Toe FS rot=sicurezza a rotazione (analisi classica)

Toe FSpas=sicurezza sulle pressioni agenti/resistenti (analisi classica)

#### GRAFICI FASI DI SCAVO

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.

1: DM08\_ITA: EQK - Seismic(LINK: SLU)



DM08\_ITA, Case: EQK - Seismic  
Soil 'M': FS(tanFR)= 1.25, FS c'= 1.25, FS Su= 1.4  
Stab. 1 - Patch 1 - EC= 1 - EC= 1 - EC= 1

Societa': DAM

Progettista: Engineer

**DS: 4, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepKcor 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTORIA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011

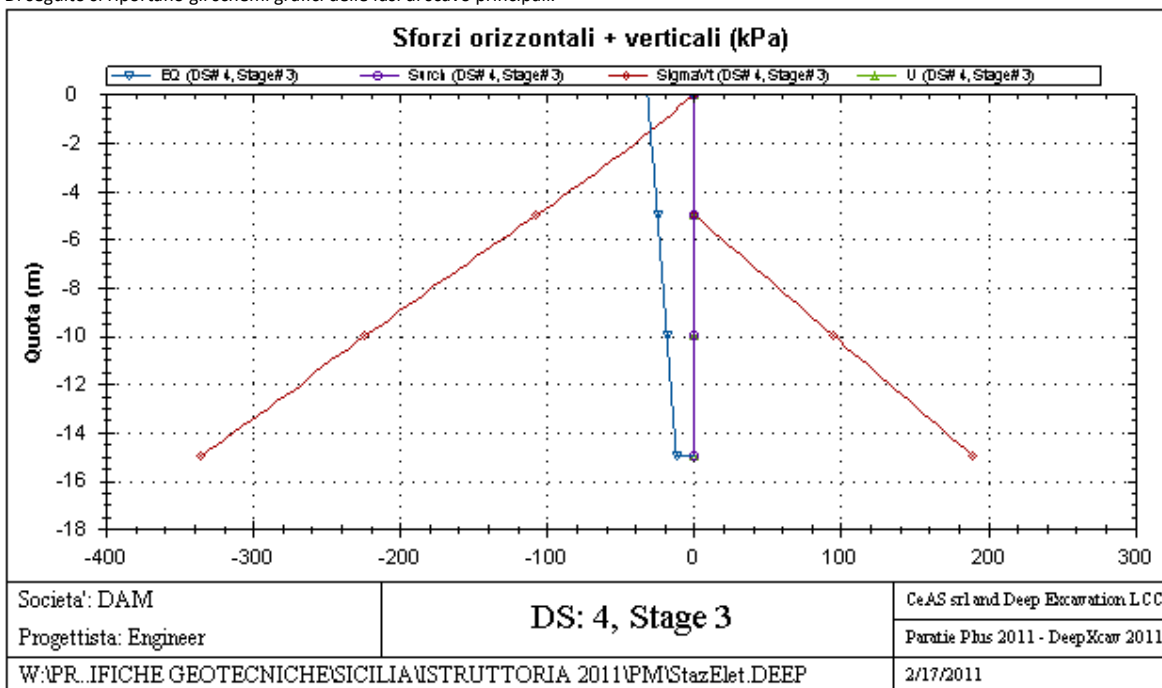
**Stabilita' del piede**

FS infissione per fase

	FS minimo al piede	FS Passivo	FS Rotazione	FS Lunghezza	FS Pass. mobilizzato	FS Forza attiva / attiva teorica
Stage #0	60	1045399.358	2104656.414	60	3.302	1.638
Stage #1	5.476	N/A	5.476	5.556	4.411	1.271
Stage #2	2.222	N/A	2.804	2.222	3.143	1.141
Stage #3	1.29	2.558	1.453	1.29	1.878	1.366

**GRAFICI FASI DI SCAVO**

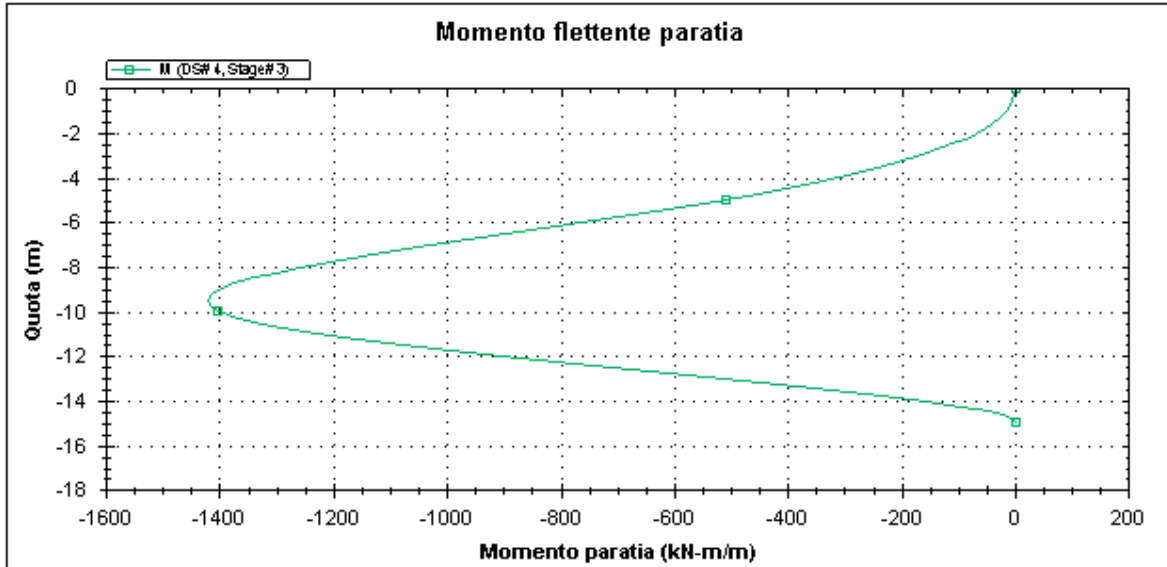
Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  
VERIFICHE GEOTECNICHE

Codice documento  
SF0262\_F0

Rev	Data
F0	20/06/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

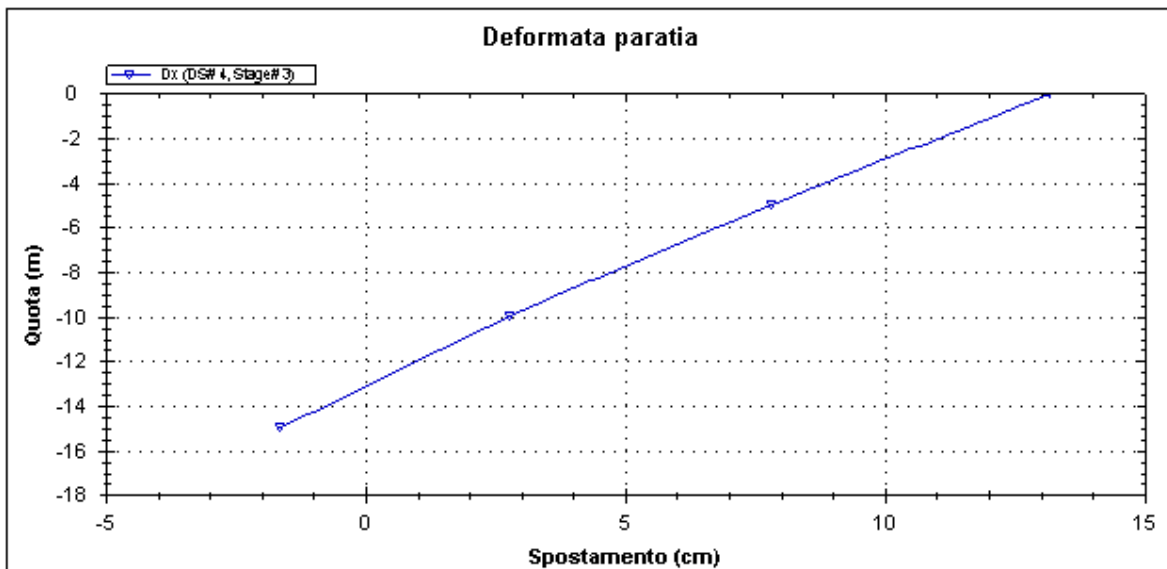
**DS: 4, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011



Societa': DAM  
Progettista: Engineer

**DS: 4, Stage 3**

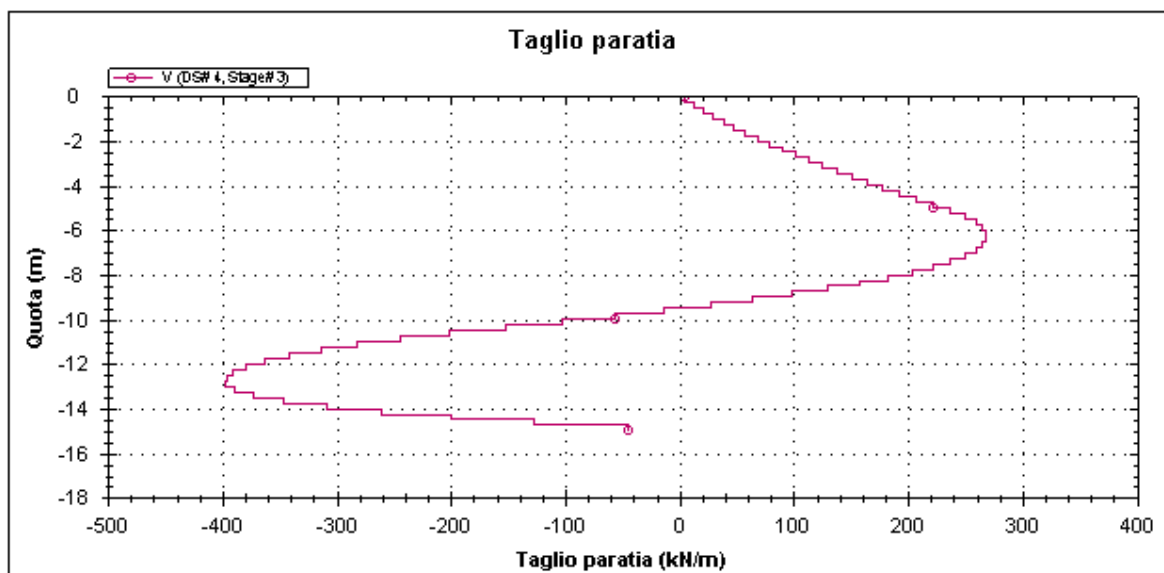
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011

W:\PR..IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP

2/17/2011







Societa': DAM	<b>DS: 4, Stage 3</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Progettista: Engineer		Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011
W:\PR...IFICHE GEOTECNICHE\SICILIA\STRUTTURA 2011\PM\StazElet.DEEP		2/17/2011

**TABELLA RISULTATI PARATIA**

Wall 1 Stage: 3

Wall	EL	Sht L	Sht R	Shs L	Shs R	q	U L	U R	M	V	dx	Mcap L	Mcap R	VcapL	VcapR
Node	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m/m)	(kN/m)	(kN/m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.91	13.19	1327.52	1327.52	366.47	366.47
2	-0.5	3.319	0	3.319	0	0	0	0	3.99	12.06	12.65	1327.52	1327.52	366.47	366.47
4	-1	6.706	0	6.706	0	0	0	0	16.47	29.37	12.11	1327.52	1327.52	366.47	366.47
6	-1.5	10.19	0	10.19	0	0	0	0	38.13	48.07	11.58	1327.52	1327.52	366.47	366.47
8	-2	13.769	0	13.769	0	0	0	0	69.66	68.19	11.04	1327.52	1327.52	366.47	366.47
10	-2.5	17.454	0	17.454	0	0	0	0	111.81	89.79	10.5	1327.52	1327.52	366.47	366.47
12	-3	21.317	0	21.317	0	0	0	0	165.34	112.94	9.96	1327.52	1327.52	366.47	366.47
14	-3.5	25.131	0	25.131	0	0	0	0	231.04	137.68	9.43	1327.52	1327.52	366.47	366.47
16	-4	29.235	0	29.235	0	0	0	0	309.71	164.05	8.89	1327.52	1327.52	366.47	366.47
18	-4.5	33.107	0	33.107	0	0	0	0	402.21	192.11	8.36	1327.52	1327.52	366.47	366.47
20	-5	37.318	0	37.318	0	0	0	0	509.35	221.83	7.83	1327.52	1327.52	366.47	366.47
22	-5.5	41.196	28.187	41.196	28.187	0	0	0	631.13	249.78	7.3	1327.52	1327.52	366.47	366.47
24	-6	45.456	56.373	45.456	56.373	0	0	0	762.22	265.28	6.78	1327.52	1327.52	366.47	366.47
26	-6.5	49.316	84.56	49.316	84.56	0	0	0	896.44	268.46	6.26	1327.52	1327.52	366.47	366.47
28	-7	53.594	112.75	53.594	112.75	0	0	0	1027.6	259.18	5.74	1327.52	1327.52	366.47	366.47
30	-7.5	57.427	140.93	57.427	140.93	0	0	0	1149.5	237.59	5.23	1327.52	1327.52	366.47	366.47
32	-8	61.708	169.12	61.708	169.12	0	0	0	1255.9	203.54	4.73	1327.52	1327.52	366.47	366.47
34	-8.5	65.508	197.31	65.508	197.31	0	0	0	1340.6	157.17	4.23	1327.52	1327.52	366.47	366.47
36	-9	69.781	225.49	69.781	225.49	0	0	0	1397.5	98.33	3.75	1327.52	1327.52	366.47	366.47
38	-9.5	73.549	253.68	73.549	253.68	0	0	0	1420.4	27.15	3.26	1327.52	1327.52	366.47	366.47
40	-10	77.81	281.86	77.81	281.86	0	0	0	1403	-56.51	2.79	1327.52	1327.52	366.47	366.47
42	-10.5	81.545	293.46	81.545	293.46	0	0	0	1339.1	-152.51	2.33	1327.52	1327.52	366.47	366.47
44	-11	85.79	253.16	85.79	253.16	0	0	0	1227.8	-244.13	1.87	1327.52	1327.52	366.47	366.47

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>					<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

46	-11.5	89.417	213.48	89.417	213.48	0	0	0	1078.9	-313.94	1.42	1327.52	1327.52	366.47	366.47
48	-12	92.801	174.36	92.801	174.36	0	0	0	903.05	-362.55	0.97	1327.52	1327.52	366.47	366.47
50	-12.5	96.611	135.69	96.611	135.69	0	0	0	710.73	-390.27	0.53	1327.52	1327.52	366.47	366.47
52	-13	127.12	113.47	127.12	113.47	0	0	0	512.56	-396.41	0.09	1327.52	1327.52	366.47	366.47
54	-13.5	188.44	96.295	188.44	96.295	0	0	0	321.94	-373.1	-0.34	1327.52	1327.52	366.47	366.47
56	-14	262.49	79.198	262.49	79.198	0	0	0	158.07	-308.86	-0.77	1327.52	1327.52	366.47	366.47
58	-14.5	336.54	62.136	336.54	62.136	0	0	0	43.28	-199.36	-1.2	1327.52	1327.52	366.47	366.47
60	-15	410.46	58.33	410.46	58.33	0	0	0	0	-45.49	-1.63	1327.52	1327.52	366.47	366.47

**LEGENDA**

Wall node=numero nodo

EL=quota

Sht L=pressione terreno orizzontale totale a sx paratia

Sht R=pressione terreno orizzontale totale a dx paratia

Shs L=pressione terreno orizzontale efficace a sx paratia

Shs R=pressione terreno orizzontale efficace a dx paratia

q=pressioni dovute al sovraccarico

U L=pressione acqua a sx paratia

U R=pressione acqua a dx paratia

M=momento flettente (per metro)

V=taglio (per metro)

dx=spostamento orizzontale

McapL=Momento ultimo lato sx

McapR=Momento ultimo lato dx

VcapL=Taglio ultimo resistente lato sx

VcapR=Taglio ultimo resistente lato dx

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Progetto:** **My**  
**Risultati per la Design Section 3: 1: DM08\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1**

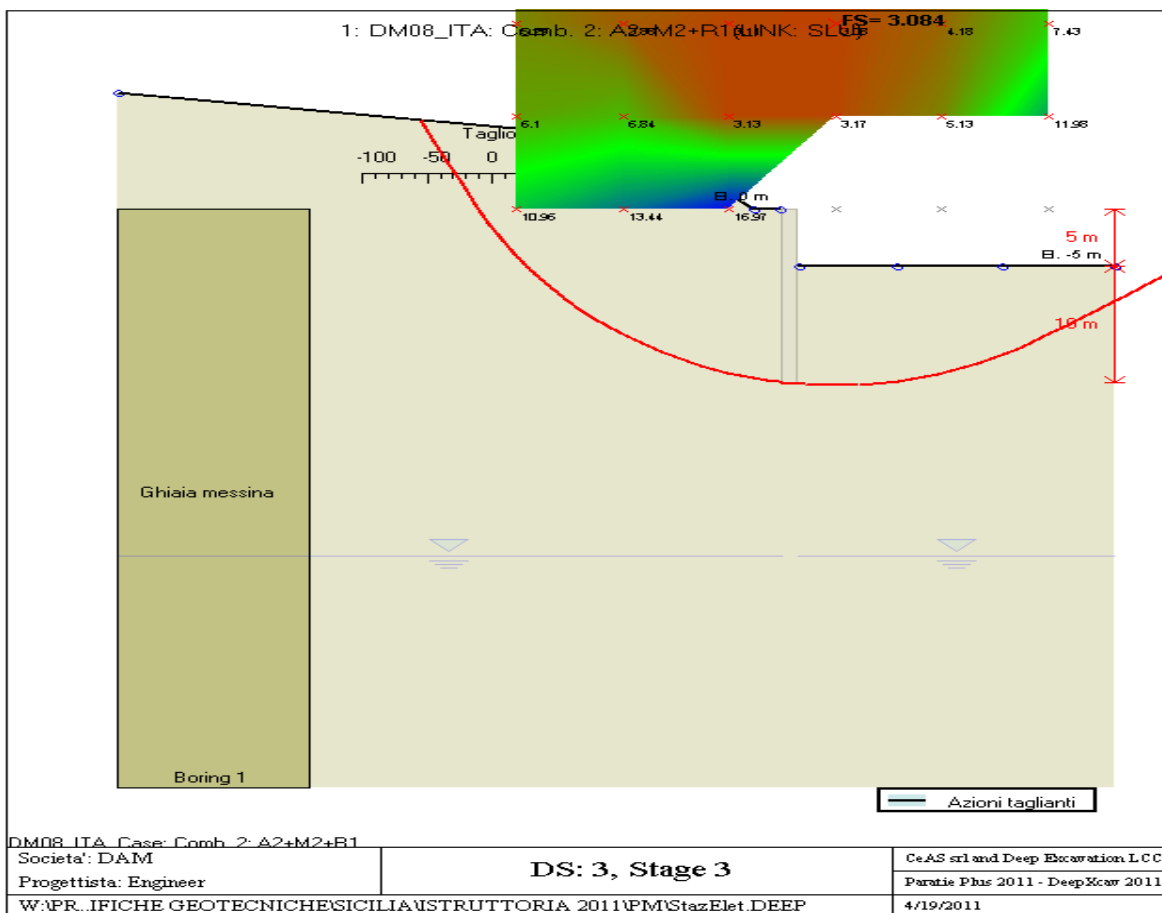
**Project**

#### Impostazioni stabilita' globale

Numero massimo di iterazioni = 100, Tolleranza = 0.01%  
Larghezza massima concio = 1 m  
Limiti dall'angolo in alto a sinistra della paratia  
Sinistra = -20 m, Destra = 20 m, Spaziatura orizzontale = 5  
Alto = 40 m, Basso = 0 m, Spaziatura verticale = 5  
La ricerca del raggio parte dalla base della paratia + 0 m  
La ricerca del raggio finisce alla base del modello  
5 intervallo di raggi e' usato  
Angolo limite attivo 30 gradi dalla verticale e' usato  
Angolo passivo di 30 gradi dalla verticale e' usato  
La capacita' SLU dei supporti e' inclusa nella verifica di stabilita' del pendio  
La capacita' a taglio e' inclusa nella stabilita' delle superfici intersecanti la paratia (nota: per pali collegati = 0)  
Taglio e forze laterali sulle superfici verticali iniziali e finali sono calcolate a partire dalle condizioni a riposo  
Numero di intervalli sulle superfici verticali iniziali e finali = 30

#### FASI DI SCAVO E VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO

Nel seguito sono riportati i risultati delle verifiche di stabilita' del pendio per ogni fase.



**ITA\_ANALISI DI STABILITA' DEL PENDIO: RISULTATI DEI CONCI PER TUTTI GLI STAGE**

ITA\_Analisi di stabilita' del pendio Design Section: 1: DM08\_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1

ITA\_Analisi di stabilita' del pendio Stage: 3

ITA\_Analisi di stabilita' del pendio eseguita per questo stage.

ITA\_Punto critico a x = 4 z= 16 FS= 3.084

Slice No.	x1	ZsL	ZtL	x2	ZsL	ZtL	DL	an	Fr	c	Wn	ubL	ubR	tBase	Nr	EiL	EiR	TL	TR	UbF
	m	m	m	m	m	m	m	deg	deg	kPa	kN/m	kPa	kPa	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
0	-27.28	7.66	7.66	-26.23	5.84	7.55	2.1	60	32.01	0	17.1	0	0	5.1	25.4	0	0	0	0	0
1	-26.23	5.84	7.55	-25.17	4.02	7.44	2.1	60	32.01	0	51.4	0	0	15.4	76.1	0	0	0	0	0
2	-25.17	4.02	7.44	-24.12	2.19	7.34	2.1	60	32.01	0	85.7	0	0	25.7	126.8	0	0	0	0	0
3	-24.12	2.19	7.34	-23.07	0.37	7.23	2.1	60	32.01	0	119.9	0	0	36	177.5	0	0	0	0	0
4	-23.07	0.37	7.23	-22.08	-1.23	7.12	1.89	58.27	32.01	0	143.5	0	0	41.7	205.5	0	0	0	0	0
5	-22.08	-1.23	7.12	-21.08	-2.65	7.02	1.73	54.95	32.01	0	170.1	0	0	46.6	229.8	0	0	0	0	0

6	-21.08	-2.65	7.02	-20.09	-3.92	6.92	1.61	51.89	32.01	0	193.5	0	0	50.5	249.1	0	0	0	0
7	-20.09	-3.92	6.92	-19.1	-5.06	6.82	1.51	49.03	32.01	0	214.3	0	0	53.7	265	0	0	0	0
8	-19.1	-5.06	6.82	-18.1	-6.1	6.72	1.44	46.32	32.01	0	232.9	0	0	56.4	278.3	0	0	0	0
9	-18.1	-6.1	6.72	-17.11	-7.05	6.61	1.37	43.75	32.01	0	249.8	0	0	58.7	289.6	0	0	0	0
10	-17.11	-7.05	6.61	-16.12	-7.92	6.51	1.32	41.28	32.01	0	265	0	0	60.7	299.4	0	0	0	0
11	-16.12	-7.92	6.51	-15.13	-8.72	6.41	1.28	38.9	32.01	0	278.9	0	0	62.4	308	0	0	0	0
12	-15.13	-8.72	6.41	-14.13	-9.46	6.31	1.24	36.59	32.01	0	291.5	0	0	63.9	315.6	0	0	0	0
13	-14.13	-9.46	6.31	-13.14	-10.14	6.2	1.2	34.36	32.01	0	302.9	0	0	65.3	322.3	0	0	0	0
14	-13.14	-10.14	6.2	-12.15	-10.76	6.1	1.17	32.18	32.01	0	313.3	0	0	66.5	328.3	0	0	0	0
15	-12.15	-10.76	6.1	-11.15	-11.34	6	1.15	30.05	32.01	0	323.9	0	0	67.9	334.9	0	0	0	0
16	-11.15	-11.34	6	-10.16	-11.87	5.34	1.12	27.97	32.01	0	324.7	0	0	67.3	331.9	0	0	0	0
17	-10.16	-11.87	5.34	-9.17	-12.35	4.68	1.1	25.93	32.01	0	322.9	0	0	66.2	326.9	0	0	0	0
18	-9.17	-12.35	4.68	-8.17	-12.79	4.02	1.09	23.92	32.01	0	319.1	0	0	64.9	320.3	0	0	0	0
19	-8.17	-12.79	4.02	-7.18	-13.19	3.35	1.07	21.94	32.01	0	314.6	0	0	63.5	313.6	0	0	0	0
20	-7.18	-13.19	3.35	-6.19	-13.55	2.69	1.06	19.99	32.01	0	309.3	0	0	62.1	306.5	0	0	0	0
21	-6.19	-13.55	2.69	-5.2	-13.87	2.03	1.04	18.07	32.01	0	303.2	0	0	60.6	299.2	0	0	0	0
22	-5.2	-13.87	2.03	-4.2	-14.16	1.37	1.03	16.16	32.01	0	296.5	0	0	59.1	291.6	0	0	0	0
23	-4.2	-14.16	1.37	-3.21	-14.41	0.71	1.02	14.28	32.01	0	289.1	0	0	57.5	283.7	0	0	0	0
24	-3.21	-14.41	0.71	-2.15	-14.65	0	1.08	12.34	32.01	0	299.7	0	0	59.5	293.8	0	0	0	0
25	-2.15	-14.65	0	-1.22	-14.82	0	0.94	10.48	32.01	0	259.2	0	0	51.5	254.1	0	0	0	0
26	-1.22	-14.82	0	-0.23	-14.97	0	1	8.7	32.01	0	281	0	0	55.9	275.7	0	0	0	0
27	-0.23	-14.97	0	0	-15	0	0.23	7.57	32.01	0	65.8	0	0	13.1	64.6	0	0	0	0
28	0	-15	0	1.2	-15.13	0	1.21	6.25	32.01	0	286.5	0	0	57.1	282	0	0	0	0
29	1.2	-15.13	-5	1.75	-15.18	-5	0.56	4.63	32.01	0	107.1	0	0	21.4	105.7	0	0	0	0
30	1.75	-15.18	-5	2.75	-15.23	-5	0.99	3.21	32.01	0	192.5	0	0	38.6	190.7	0	0	0	0
31	2.75	-15.23	-5	3.74	-15.26	-5	0.99	1.39	32.01	0	193.3	0	0	39	192.4	0	0	0	0
32	3.74	-15.26	-5	4.73	-15.25	-5	0.99	-0.44	32.01	0	193.4	0	0	39.3	193.7	0	0	0	0
33	4.73	-15.25	-5	5.73	-15.21	-5	0.99	-2.26	32.01	0	193	0	0	39.5	194.7	0	0	0	0
34	5.73	-15.21	-5	6.72	-15.14	-5	1	-4.08	32.01	0	191.9	0	0	39.6	195.3	0	0	0	0
35	6.72	-15.14	-5	7.71	-15.04	-5	1	-5.91	32.01	0	190.3	0	0	39.6	195.4	0	0	0	0

36	7.71	-15.04	-5	8.67	-14.91	-5	0.97	-7.71	32.01	0	181.3	0	0	38.1	188.1	0	0	0	0
37	8.67	-14.91	-5	9.7	-14.73	-5	1.04	-9.55	32.01	0	191.9	0	0	40.8	201.5	0	0	0	0
38	9.7	-14.73	-5	10.69	-14.53	-5	1.01	-11.43	32.01	0	181.7	0	0	39.2	193.3	0	0	0	0
39	10.69	-14.53	-5	11.68	-14.3	-5	1.02	-13.3	32.01	0	177.6	0	0	38.8	191.7	0	0	0	0
40	11.68	-14.3	-5	12.68	-14.03	-5	1.03	-15.18	32.01	0	172.9	0	0	38.4	189.5	0	0	0	0
41	12.68	-14.03	-5	13.67	-13.72	-5	1.04	-17.07	32.01	0	167.5	0	0	37.9	186.8	0	0	0	0
42	13.67	-13.72	-5	14.66	-13.38	-5	1.05	-18.99	32.01	0	161.4	0	0	37.2	183.4	0	0	0	0
43	14.66	-13.38	-5	15.66	-13	-5	1.06	-20.92	32.01	0	154.6	0	0	36.3	179.4	0	0	0	0
44	15.66	-13	-5	16.67	-12.57	-5	1.1	-22.9	32.01	0	150	0	0	36.1	178	0	0	0	0
45	16.67	-12.57	-5	17.64	-12.12	-5	1.07	-24.9	32.01	0	135.8	0	0	33.5	165.2	0	0	0	0
46	17.64	-12.12	-5	18.64	-11.62	-5	1.11	-26.9	32.01	0	129.6	0	0	32.8	162	0	0	0	0
47	18.64	-11.62	-5	19.63	-11.07	-5	1.13	-28.96	32.01	0	119.7	0	0	31.2	154.1	0	0	0	0
48	19.63	-11.07	-5	19.63	-11.07	-5	0	0	32.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	19.63	-11.07	-5	20.68	-10.46	-5	1.21	-30	32.01	0	115.2	0	0	30.5	150.6	0	0	0	0
50	20.68	-10.46	-5	21.73	-9.86	-5	1.21	-30	32.01	0	103	0	0	27.3	134.7	0	0	0	0
51	21.73	-9.86	-5	22.78	-9.25	-5	1.21	-30	32.01	0	90.9	0	0	24.1	118.9	0	0	0	0
52	22.78	-9.25	-5	23.83	-8.64	-5	1.21	-30	32.01	0	78.8	0	0	20.9	103	0	0	0	0
53	23.83	-8.64	-5	24.88	-8.03	-5	1.21	-30	32.01	0	66.7	0	0	17.7	87.2	0	0	0	0
54	24.88	-8.03	-5	25.94	-7.43	-5	1.21	-30	32.01	0	54.6	0	0	14.5	71.3	0	0	0	0
55	25.94	-7.43	-5	26.99	-6.82	-5	1.21	-30	32.01	0	42.4	0	0	11.2	55.5	0	0	0	0
56	26.99	-6.82	-5	28.04	-6.21	-5	1.21	-30	32.01	0	30.3	0	0	8	39.6	0	0	0	0
57	28.04	-6.21	-5	29.09	-5.61	-5	1.21	-30	32.01	0	18.2	0	0	4.8	23.8	0	0	0	0
58	29.09	-5.61	-5	30.14	-5	-5	1.21	-30	32.01	0	6.1	0	0	1.6	7.9	0	0	0	0

**LEGENDA**

Wall node=numero nodo

EL=quota

Sht L=pressione terreno orizzontale totale a sx paratia

Sht R=pressione terreno orizzontale totale a dx paratia

Shs L=pressione terreno orizzontale efficace a sx paratia

Shs R=pressione terreno orizzontale efficace a dx paratia

q=pressioni dovute al sovraccarico

U L=pressione acqua a sx paratia

U R=pressione acqua a dx paratia

M=momento flettente (per metro)

V=taglio (per metro)

dx=spostamento orizzontale

McapL=Momento ultimo lato sx

McapR=Momento ultimo lato dx

VcapL=Taglio ultimo resistente lato sx

VcapR=Taglio ultimo resistente lato dx

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SSE-PARATIA-RELAZIONE DI CALCOLO E  VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> SF0262_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Progetto:** **My**  
**Risultati per la Design Section 4: 1: DM08\_ITA: EQK - Seismic**

**Project**

#### **Impostazioni stabilita' globale**

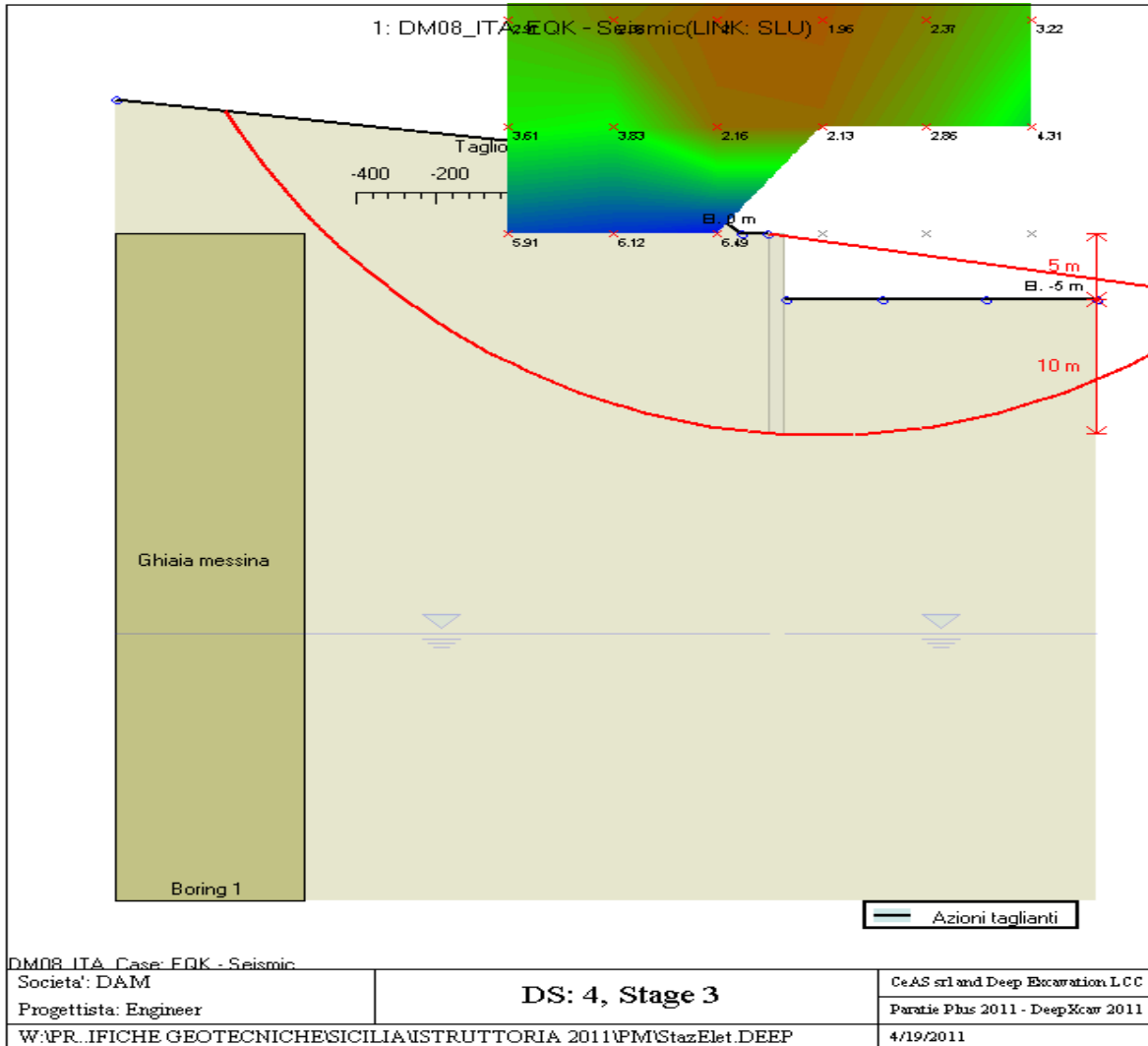
---

Numero massimo di iterazioni = 100, Tolleranza = 0.01%  
Larghezza massima concio = 1 m  
Limiti dall'angolo in alto a sinistra della paratia  
Sinistra = -20 m, Destra = 20 m, Spaziatura orizzontale = 5  
Alto = 40 m, Basso = 0 m, Spaziatura verticale = 5  
La ricerca del raggio parte dalla base della paratia + 0 m  
La ricerca del raggio finisce alla base del modello  
5 intervallo di raggi e' usato  
Angolo limite attivo 30 gradi dalla verticale e' usato  
Angolo passivo di 30 gradi dalla verticale e' usato  
La capacita' SLU dei supporti e' inclusa nella verifica di stabilita' del pendio  
La capacita' a taglio e' inclusa nella stabilita' delle superfici intersecanti la paratia (nota: per pali collegati = 0)  
Taglio e forze laterali sulle superfici verticali iniziali e finali sono calcolate a partire dalle condizioni a riposo  
Numero di intervalli sulle superfici verticali iniziali e finali = 30

#### **FASI DI SCAVO E VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO**

---

Nel seguito sono riportati i risultati delle verifiche di stabilita' del pendio per ogni fase.



**ITA\_ANALISI DI STABILITA' DEL PENDIO: RISULTATI DEI CONCI PER TUTTI GLI STAGE**

ITA\_Analisi di stabilita' del pendio Design Section: 1: DM08\_ITA: EQK - Seismic

ITA\_Analisi di stabilita' del pendio Stage: 3

ITA\_Analisi di stabilita' del pendio eseguita per questo stage.

ITA\_Punto critico a x = 4 z= 40 FS= 1.847

Slice No.	x1	ZsL	ZtL	x2	ZsL	ZtL	DL	an	Fr	c	Wn	ubL	ubR	tBase	Nr	EiL	EiR	TL	TR	UbF
	m	m	m	m	m	m	m	deg	deg	kPa	kN/m	kPa	kPa	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
0	-41.71	9.15	9.15	-40.7	7.71	9.04	1.75	55.07	32.01	0	12.7	0	0	5.1	15	0	0	0	0	0
1	-40.7	7.71	9.04	-39.7	6.36	8.94	1.68	53.28	32.01	0	37.3	0	0	14.5	42.9	0	0	0	0	0
2	-39.7	6.36	8.94	-38.69	5.1	8.84	1.62	51.57	32.01	0	60.2	0	0	23	67.9	0	0	0	0	0
3	-	5.1	8.84	-	3.9	8.73	1.56	49.92	32.01	0	81.7	0	0	30.6	90.5	0	0	0	0	0



	38.69			37.69															
4	-37.69	3.9	8.73	-36.69	2.78	8.63	1.51	48.33	32.01	0	101.9	0	0	37.6	111	0	0	0	0
5	-36.69	2.78	8.63	-35.68	1.71	8.53	1.47	46.78	32.01	0	120.8	0	0	43.9	129.7	0	0	0	0
6	-35.68	1.71	8.53	-34.68	0.69	8.42	1.43	45.28	32.01	0	138.7	0	0	49.7	146.9	0	0	0	0
7	-34.68	0.69	8.42	-33.68	-0.27	8.32	1.39	43.82	32.01	0	155.6	0	0	55.1	162.8	0	0	0	0
8	-33.68	-0.27	8.32	-32.67	-1.18	8.22	1.36	42.39	32.01	0	171.5	0	0	60	177.5	0	0	0	0
9	-32.67	-1.18	8.22	-31.67	-2.06	8.11	1.33	40.99	32.01	0	186.6	0	0	64.7	191.1	0	0	0	0
10	-31.67	-2.06	8.11	-30.66	-2.89	8.01	1.3	39.62	32.01	0	200.9	0	0	68.9	203.7	0	0	0	0
11	-30.66	-2.89	8.01	-29.66	-3.68	7.91	1.28	38.28	32.01	0	214.4	0	0	72.9	215.6	0	0	0	0
12	-29.66	-3.68	7.91	-28.66	-4.44	7.8	1.26	36.97	32.01	0	227.2	0	0	76.7	226.6	0	0	0	0
13	-28.66	-4.44	7.8	-27.65	-5.16	7.7	1.24	35.67	32.01	0	239.3	0	0	80.2	237	0	0	0	0
14	-27.65	-5.16	7.7	-26.65	-5.84	7.6	1.22	34.4	32.01	0	250.8	0	0	83.5	246.7	0	0	0	0
15	-26.65	-5.84	7.6	-25.64	-6.5	7.49	1.2	33.14	32.01	0	261.6	0	0	86.6	255.9	0	0	0	0
16	-25.64	-6.5	7.49	-24.64	-7.12	7.39	1.18	31.9	32.01	0	271.8	0	0	89.5	264.5	0	0	0	0
17	-24.64	-7.12	7.39	-23.64	-7.72	7.29	1.17	30.68	32.01	0	281.5	0	0	92.2	272.6	0	0	0	0
18	-23.64	-7.72	7.29	-22.63	-8.29	7.18	1.15	29.48	32.01	0	290.6	0	0	94.8	280.2	0	0	0	0
19	-22.63	-8.29	7.18	-21.63	-8.83	7.08	1.14	28.29	32.01	0	299.2	0	0	97.3	287.4	0	0	0	0
20	-21.63	-8.83	7.08	-20.63	-9.34	6.98	1.13	27.11	32.01	0	307.3	0	0	99.6	294.2	0	0	0	0
21	-20.63	-9.34	6.98	-19.62	-9.83	6.87	1.12	25.94	32.01	0	314.9	0	0	101.7	300.7	0	0	0	0
22	-19.62	-9.83	6.87	-18.62	-10.29	6.77	1.11	24.79	32.01	0	322	0	0	103.8	306.7	0	0	0	0
23	-18.62	-10.29	6.77	-17.61	-10.73	6.67	1.1	23.65	32.01	0	328.6	0	0	105.7	312.5	0	0	0	0
24	-17.61	-10.73	6.67	-16.61	-11.15	6.56	1.09	22.51	32.01	0	334.8	0	0	107.6	317.9	0	0	0	0
25	-16.61	-11.15	6.56	-15.61	-11.54	6.46	1.08	21.39	32.01	0	340.6	0	0	109.3	322.9	0	0	0	0
26	-15.61	-11.54	6.46	-14.6	-11.91	6.36	1.07	20.27	32.01	0	345.9	0	0	110.9	327.7	0	0	0	0
27	-14.6	-11.91	6.36	-13.6	-12.26	6.25	1.06	19.16	32.01	0	350.8	0	0	112.4	332.3	0	0	0	0
28	-13.6	-12.26	6.25	-12.6	-12.59	6.15	1.06	18.06	32.01	0	355.2	0	0	113.9	336.5	0	0	0	0
29	-12.6	-12.59	6.15	-11.59	-12.9	6.05	1.05	16.97	32.01	0	359.3	0	0	115.2	340.5	0	0	0	0
30	-11.59	-12.9	6.05	-11.15	-13.02	6	0.46	16.18	32.01	0	159.2	0	0	51.1	151	0	0	0	0
31	-11.15	-13.02	6	-10.59	-13.18	5.63	0.58	15.64	32.01	0	202.1	0	0	64.9	191.7	0	0	0	0
32	-10.59	-13.18	5.63	-9.58	-13.45	4.96	1.04	14.8	32.01	0	354.8	0	0	114	336.9	0	0	0	0

33	-9.58	-13.45	4.96	-8.58	-13.69	4.29	1.03	13.72	32.01	0	346.9	0	0	111.6	329.9	0	0	0	0
34	-8.58	-13.69	4.29	-7.58	-13.92	3.62	1.03	12.65	32.01	0	338.6	0	0	109.2	322.6	0	0	0	0
35	-7.58	-13.92	3.62	-6.57	-14.12	2.95	1.02	11.59	32.01	0	330	0	0	106.6	315	0	0	0	0
36	-6.57	-14.12	2.95	-5.57	-14.31	2.28	1.02	10.52	32.01	0	321	0	0	103.9	307.2	0	0	0	0
37	-5.57	-14.31	2.28	-4.56	-14.48	1.61	1.02	9.46	32.01	0	311.6	0	0	101.2	299	0	0	0	0
38	-4.56	-14.48	1.61	-3.56	-14.62	0.94	1.01	8.41	32.01	0	301.8	0	0	98.3	290.6	0	0	0	0
39	-3.56	-14.62	0.94	-2.56	-14.75	0.27	1.01	7.35	32.01	0	291.7	0	0	95.4	281.8	0	0	0	0
40	-2.56	-14.75	0.27	-2.15	-14.8	0	0.41	6.62	32.01	0	115.4	0	0	37.8	111.7	0	0	0	0
41	-2.15	-14.8	0	-1.55	-14.86	0	0.6	6.09	32.01	0	168.2	0	0	55.2	163.2	0	0	0	0
42	-1.55	-14.86	0	-0.55	-14.96	0	1.01	5.26	32.01	0	284.4	0	0	93.7	277	0	0	0	0
43	-0.55	-14.96	0	0.45	-15.03	0	1.01	4.21	32.01	0	286	0	0	94.7	279.8	0	0	0	0
44	0.45	-15.03	0	1.46	-15.09	-5	1.01	3.16	32.01	0	239.5	0	0	79.7	235.5	0	0	0	0
45	1.46	-15.09	-5	2.46	-15.12	-5	1	2.12	32.01	0	192.7	0	0	64.5	190.5	0	0	0	0
46	2.46	-15.12	-5	3.47	-15.14	-5	1	1.08	32.01	0	193.3	0	0	65	192.1	0	0	0	0
47	3.47	-15.14	-5	4.47	-15.14	-5	1	0.03	32.01	0	193.5	0	0	65.4	193.4	0	0	0	0
48	4.47	-15.14	-5	5.47	-15.13	-5	1	-1.01	32.01	0	193.3	0	0	65.8	194.5	0	0	0	0
49	5.47	-15.13	-5	6.48	-15.09	-5	1	-2.05	32.01	0	192.8	0	0	66.1	195.3	0	0	0	0
50	6.48	-15.09	-5	7.48	-15.04	-5	1.01	-3.1	32.01	0	191.9	0	0	66.2	195.8	0	0	0	0
51	7.48	-15.04	-5	8.48	-14.96	-5	1.01	-4.14	32.01	0	190.7	0	0	66.3	196	0	0	0	0
52	8.48	-14.96	-5	9.49	-14.87	-5	1.01	-5.19	32.01	0	189.1	0	0	66.3	195.9	0	0	0	0
53	9.49	-14.87	-5	10.49	-14.76	-5	1.01	-6.24	32.01	0	187.2	0	0	66.2	195.6	0	0	0	0
54	10.49	-14.76	-5	11.5	-14.63	-5	1.01	-7.29	32.01	0	185	0	0	65.9	194.9	0	0	0	0
55	11.5	-14.63	-5	12.5	-14.49	-5	1.01	-8.34	32.01	0	182.3	0	0	65.6	193.9	0	0	0	0
56	12.5	-14.49	-5	13.5	-14.32	-5	1.02	-9.4	32.01	0	179.3	0	0	65.2	192.6	0	0	0	0
57	13.5	-14.32	-5	14.51	-14.13	-5	1.02	-10.45	32.01	0	176	0	0	64.6	190.9	0	0	0	0
58	14.51	-14.13	-5	15.51	-13.93	-5	1.02	-11.52	32.01	0	172.3	0	0	63.9	188.8	0	0	0	0
59	15.51	-13.93	-5	16.52	-13.71	-5	1.03	-12.58	32.01	0	168.2	0	0	63.1	186.4	0	0	0	0
60	16.52	-13.71	-5	17.52	-13.46	-5	1.03	-13.65	32.01	0	163.7	0	0	62.1	183.6	0	0	0	0
61	17.52	-13.46	-5	18.52	-13.2	-5	1.04	-14.73	32.01	0	158.9	0	0	61	180.3	0	0	0	0
62	18.52	-13.2	-5	19.53	-	-5	1.04	-	32.01	0	153.7	0	0	59.8	176.6	0	0	0	0

