

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

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

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



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

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

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

*Unità Funzionale* COLLEGAMENTI VERSANTI SICILIA  
*Tipo di sistema* CANTIERI  
*Raggruppamento di opere/attività* SITI DI STOCCAGGIO - CAVE  
*Opera - tratto d'opera - parte d'opera* SITI DI RECUPERO AMBIENTALE – SD.68  
*Titolo del documento* SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO

CZ0570\_F0

CODICE

C G 2 8 0 0 P C L D S C Z C 4 S D 6 8 0 0 0 0 0 3 F 0

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

Relazione di Calcolo .....	5
1 Normativa di riferimento.....	5
2 Caratteristiche dell'opera .....	7
3 Stato dei luoghi .....	9
4 Inquadramento geologico e geotecnico .....	11
4.1 Caratteristiche geologiche.....	11
4.2 Caratteristiche di acclività e permeabilità .....	11
4.3 Indagini svolte .....	11
4.4 Litotipi e successione stratigrafica.....	12
4.4.1 Terreni in situ.....	12
4.4.2 Terreni del deposito.....	12
4.5 Parametri geomeccanici.....	13
5 Caratterizzazione sismica dell'area .....	15
6 Metodi di calcolo .....	17
6.1 Parametri adottati .....	17
6.2 Stabilità d'insieme .....	17
6.3 Carico ultimo terreno - fondazione .....	17
7 Terre rinforzate .....	19
7.1 Modello di calcolo.....	19
7.2 Caratteristiche meccaniche di progetto .....	20
7.3 Stabilità d'insieme .....	20
7.4 Risultati verifiche .....	20



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Relazione di Calcolo

La presente relazione tecnica ha in oggetto la caratterizzazione definitiva e la verifica dell'opera di sostegno in terra rinforzata collocata a valle del sito di deposito denominato SRA3.

In particolare, dopo un sintetico riepilogo di tutte le indagini eseguite e dei risultati acquisiti, si procederà alla caratterizzazione geotecnica dei vari strati rinvenuti, alla illustrazione dei diversi metodi di calcolo adottati, alla definizione delle caratteristiche meccaniche delle terre rinforzate e alle inerenti verifiche.

### 1 Normativa di riferimento

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

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 Caratteristiche dell'opera

Il deposito in parola interesserà una grande area in cui verranno realizzati due bacini, uno più grande (nord), ed uno più piccolo (sud), comunque limitrofi tra di loro e separati da un crinale morfologico. Nel complesso l'area è ubicata in zona basso collinare e topograficamente interessa una fascia compresa tra la quota massima di circa 360,00 mt. s.l.m. ed una quota minima di 233,00 mt. per il deposito grande, mentre per il più piccolo la quota minima raggiunta è di 225,00 mt. Al piede del deposito verrà realizzata un'opera di sostegno costituita da terra rinforzata, dell'altezza di 6,0 m fuori terra; le banche del rilevato avranno larghezza di 4,0 m mentre le scarpate, con pendenza 2/1, avranno altezza di 6,0 m.

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

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 3 Stato dei luoghi

La zona interessata dal presente studio è posta nella parte nord-orientale della Sicilia, in prossimità dello stretto di Messina, in località Le Fosse, e qualche chilometro a monte della fraz. Contemplazione, nel territorio comunale di Messina. L'area in questione è riscontrabile nella tavoletta in scala 1:25.000 denominata "MESSINA" corrispondente al Foglio 254 IV S.O. della carta d'Italia edita dall'I.G.M..



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## **4 Inquadramento geologico e geotecnico**

### **4.1 Caratteristiche geologiche**

Dalla relazione geologica e idrologica, alla quale si rimanda per maggiori dettagli, si evince come l'area in esame ricada interamente all'interno della formazione denominata Sabbie e Ghiaie di Messina. Affiorano nel sito in studio e sono caratterizzati da una copertura di circa 0,70 mt. – 1,00 mt. di suolo agrario, successivamente si passa a Ghiaia da grossolana a media e sabbie medio grossolane con presenza di matrice sabbiosa, con forma da sub-arrotondata ad arrotondata. In generale questa formazione presenta una immersione verso E-SE con valori di inclinazione di 20-25°. Gli elementi principali hanno una granulometria dell'ordine di 4 – 7 cm, ed all'interno di questa formazione si riscontrano anche elementi di dimensioni decimetrici. La natura di questi elementi è quasi sempre metamorfica.

Sondaggi eseguiti a valle del sito in studio, dalla ditta "SO.RI.GE S.r.l." incaricata dalla EUROLINK S.C.P.A., hanno evidenziato uno spessore di oltre 85 mt. (vedi colonna stratigrafica del sondaggio S450, spinto fino alla profondità massima di 129 mt., e dopo un primo passaggio tra gli 85 mt. ed i 93 mt. per un passaggio di marne grigio intensamente fratturate, si ritorna alle sabbie e ghiaie di Messina fino ai 130,80 mt., per poi passare alla sottostante formazione costituita dal "calcari brecciati" di colore bianco rosa. Dunque lo spessore della formazione di Messina risulta essere considerevole.

### **4.2 Caratteristiche di acclività e permeabilità**

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

### **4.3 Indagini svolte**

In questa fase progettuale si fa principalmente riferimento a dati forniti dalla Soc. Eurolink S.C.P.A., dati acquisiti dalla ditta esecutrice dei sondaggi, in modo da poter definire le caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni, e la categoria del suolo, così come richiesto dal D.M. 14-01-2008. Nel caso in questione il sondaggio a cui ci si riferisce è il seguente:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Sondaggio n ° S450 (perforazione a carotaggio continuo ml. 129,00);

I risultati ottenuti hanno consentito di definire la successione lito - stratigrafica dell'area a valle, mentre a monte ci si basa su informazioni storiche, che dovranno essere verificate con indagini in situ in fase di progettualità esecutiva.

Sondaggio S450: profondità dal p.c.	-	1,50 mt.:	25 – 33 – 35
“	-	3,00 mt.	23 – 31 – 36
“	-	4,50 mt.	22 – 30 – 37
“	-	6,00 mt.	30 – 33 – 40
“	-	7,50 mt.	29 – 34 – 39
“	-	9,00 mt.	30 – 37 – 40

#### **4.4 Litotipi e successione stratigrafica**

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

##### **4.4.1 Terreni in situ**

I terreni affioranti nel sito in studio sono costituiti da sabbie e ghiaie grossolane con matrice sabbioso-limosa, appartenenti alla formazione delle sabbie e ghiaie di Messina. Lo spessore di questa formazione è superiore agli 80,00 mt., e comunque in quest'area presentano spessori di gran lunga superiori. Vista la litologia questi sono caratterizzati da una permeabilità medio - alta e del tipo primario per “porosità”, per cui in questa formazione vi è un naturale drenaggio delle acque, e solo in coincidenza di eventi piovosi particolarmente intensi si può verificare uno scorrimento superficiale delle acque la dove la pendenza delle superfici presenti all'interno del bacino è particolarmente acclive, generando dei fenomeni erosivi localizzati. Terreni del deposito

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

##### **4.4.2 Terreni del deposito**

Materiali provenienti da scavi all'aperto e in sotterraneo – Saranno costituiti da materiali appartenenti alle formazioni sopra descritte; quelli provenienti dallo scavo in sotterraneo potranno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

presentare al loro interno ridotte frazioni di cemento (inferiore al 5%) derivante dai preconsolidamenti eseguiti in avanzamento.

#### **4.5 Parametri geomeccanici**

Ancora con riferimento a quanto riportato nella relazione geologica si adotta.

Terreno in situ:

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

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

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

Terreno del deposito (costipato):

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

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

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5 Caratterizzazione sismica dell'area

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

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

Il terreno di riferimento per la caratterizzazione sismica, nel caso di opera di sostegno di terrapieno, viene valutato in base alla tipologia di terreno naturale alla base del terrapieno. Nel caso specifico si fa riferimento a terreno di tipo C. Per quanto riguarda la cat. topografica è opportuno considerare la categ. "T2".

Sulla base di tali impostazioni è possibile definire i parametri distintivi dell'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

L'azione sismica viene calcolata utilizzando la relazione classica :

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) K_{AE} H^2$$

essendo

H = altezza di spinta

G = peso specifico terreno

KAE = coefficiente di spinta (statico + dinamico)

$k_v$  = coefficiente sismico verticale

Il coefficiente di spinta del terreno (KAE) viene calcolato mediante il metodo di Mononobe - Okabe:

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\phi + \theta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\phi + \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

in cui è

$\phi$ : angolo di attrito

$\delta$ : attrito terra-muro

$\psi$ : angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete

$\beta$ : angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terreno a monte

$\theta$ : angolo di amplificazione sismica dato dalla relazione

$$\tan(\theta) = k_h / (1 \pm k_v)$$

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

7.11.6.2):

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 Metodi di calcolo

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

### 6.1 Parametri adottati

Per le successive calcolazioni geotecniche si assume:

Terreno in situ:

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

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

$$\varphi' = 34^\circ$$

Terreno del deposito (costipato):

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

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

$$\varphi' = 31^\circ.$$

### 6.2 Stabilità d'insieme

Si rimanda all'allegata relazione geotecnica.

### 6.3 Carico ultimo terreno - fondazione

La valutazione della capacità portante dei terreni incoerenti è fatta in accordo alla soluzione di Brinch Hansen (1970) relativa all'area equivalente delle fondazioni.

Questa può essere definita come quella parte della fondazione reale rispetto alla quale la risultante dei carichi è baricentrata.

Indicate con  $B_0$  ed  $L_0$  le dimensioni reali di una fondazione rettangolare e con  $e_B$  ed  $e_L$  le componenti della eccentricità del carico in direzione di  $B_0$  ed  $L_0$  rispettivamente, le dimensioni equivalenti  $B$  ed  $L$  si valutano come:

$$B = B_0 - 2e_B; \quad L = L_0 - 2e_L$$

L'espressione da impiegare per il calcolo della capacità portante limite è la seguente:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma'} \times s_{\gamma'} \times d_{\gamma'} \times i_{\gamma'} + q \times N_q' \times s_q \times d_q \times i_q$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dove:

$\gamma$  = peso di volume efficace (in assenza di falda è uguale a quello totale)

$N\gamma'$  ;  $Nq'$  = fattori di capacità portante funzione di  $\phi$  (si veda allegato I1)

$\phi$  = angolo di attrito interno

B, L = dimensione minore e maggiore della fondazione

$q = \gamma \times D$ : pressione efficace alla quota di imposta della fondazione

D = profondità del piano di imposta della fondazione da p.c.

$$i\gamma = [1 - (0.7 \times H)/N]^{0.5}$$

fattori di inclinazione del carico

$$i_q = [1 - (0.5 \times H)/N]^{0.5}$$

H = carico orizzontale

N = carico verticale

$$s\gamma = 1 - (0.4 \times B/L) \times i\gamma$$

fattori di forma

$$s_q = 1 + (\sin \phi \times B/L) \times i_q$$

$$d\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \times D/B$$

(per  $D/B < 1$ )

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \arctg D/B$$

(per  $D/B > 1$ )

Fattori di profondità

La capacità portante ammissibile si valuta facendo riferimento alla seguente espressione:

$$q_{amm} = q_{lim}/ETA$$

essendo ETA il coefficiente di sicurezza.

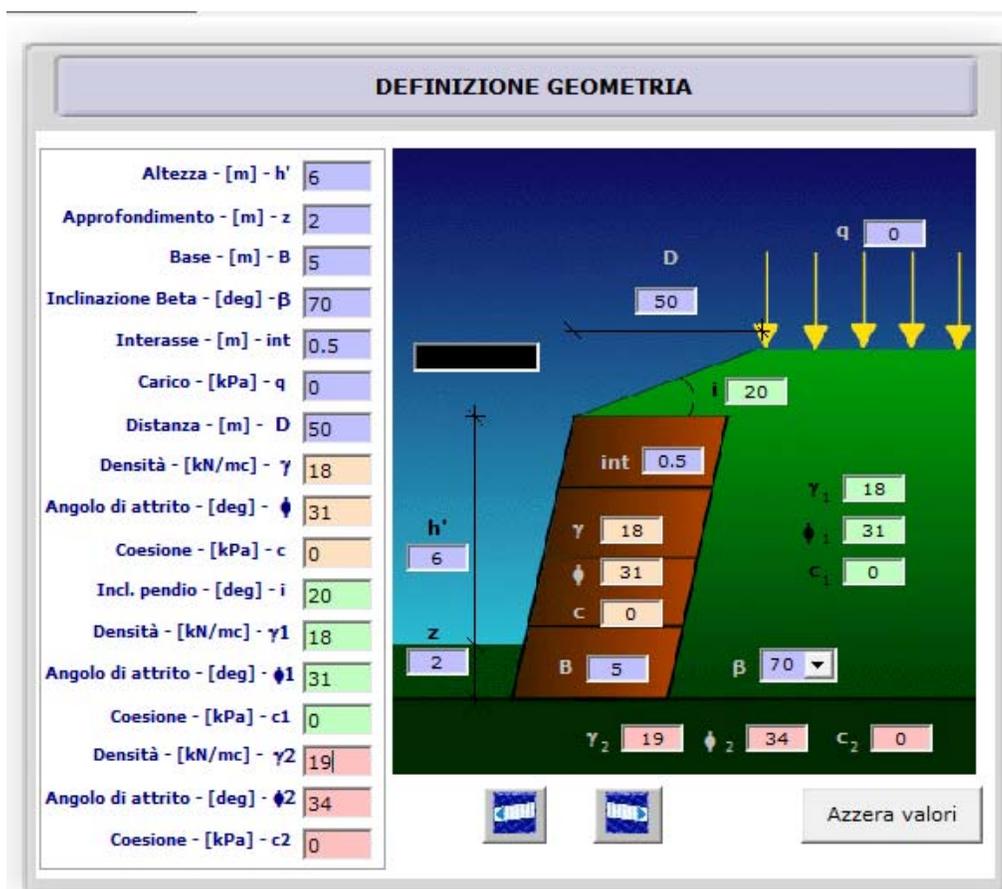
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 7 Terre rinforzate

### 7.1 Modello di calcolo

Analogamente a quanto previsto per classici muri di sostegno, anche per le opere in terra rinforzata sono previste le verifiche di stabilità esterna, individuate come verifica a ribaltamento, scorrimento, portanza alla base e stabilità globale; in aggiunta sono da eseguirsi verifiche di stabilità interna, dettate dalla necessità di garantire i margini di sicurezza in termini di resistenza per le componenti di rinforzo costituite dalle geogriglie e lo scorrimento relativo tra gli strati componenti la struttura.

Il modello numerico viene realizzato tenendo in considerazione i reali parametri geotecnici e una geometria globale equivalente, tale da simulare il reale effetto del terrapieno.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Al fine di evitare la duplice valutazione indotta dalla presenza di verifiche puramente geotecniche e verifiche puramente strutturali, si prevede di procedere in accordo con l'approccio 2 previsto dal DM 14.01.08; in accordo con tale procedura i parametri geotecnici di calcolo corrisponderanno a quelli caratteristici, mentre verranno incrementate le azioni sollecitanti, in tal caso direttamente proporzionali al peso della massa spingente. I coefficienti di sicurezza di riferimento saranno indicati dalla categoria R3.

## 7.2 Caratteristiche meccaniche di progetto

La caratterizzazione della tipologia di terra rinforzata è direttamente correlata alle caratteristiche geometriche e resistenti della geogriglia che ne costituisce la vera e propria parte resistente. Nel caso in analisi si considera di utilizzarsi una geogriglia tipo Italgrid 110/30, caratterizzata da resistenza a trazione longitudinale pari a 110KN/m.

**Tabella 6.5.1 - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Ai fini delle verifiche di stabilità interna, in considerazione di mancanti riferimenti all'interno della normativa italiana, il calcolo viene effettuato nel rispetto dei coefficienti di sicurezza presenti nella vigente normativa francese e dalla T.A.I. (Terre Armée Internationale), secondo il metodo degli stati limite, che riportano:

- coeff. Sicurezza a rottura = 1.65
- coeff. Sicurezza di aderenza = 1.50

## 7.3 Stabilità d'insieme

Si rimanda all'allegata relazione geotecnica

## 7.4 Risultati verifiche

Ai fini delle verifiche sulla terra rinforzata i due siti afferenti alla SRA3 risultano analoghi, e pertanto si riporta solo il caso più gravoso.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>SRA3 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>		<i>Codice documento</i> CZ0570_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Calcolo di progetto:**

Verifica a scorrimento:  $\frac{\text{Forza resistente}}{\text{Forza agente}} = \frac{776.97}{532.76} = 1.46$  **Verificato**

Verifica a ribaltamento:  $\frac{\text{Momento resistente}}{\text{Momento ribaltante}} = \frac{4,556.81}{1,686.19} = 2.70$  **Verificato**

Verifica di capacità portante:  $\frac{\text{Capacità portante}}{\text{Pressione massima}} = \frac{4,200.02}{635.07} = 6.61$  **Verificato**

**Riepilogo dei dati di input dei rinforzi, (dati proposti dal fornitore).**

Rinforzo Prodotto = Italgrid  
blocco R a trazione = 110 kN/m  
Coeff. interazione = 0.8  
FS a rottura = 1.65  
FS a Pull-out = 1.5

Verifica a rottura:  $\frac{\text{Resistenza massima}}{\text{Forza agente}} = 1.65$  **Verificato**

Verifica a sfilamento interno:  $\frac{\text{Forza resistente}}{\text{Forza agente}} = 23.18$  **Verificato**