

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

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

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



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

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

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

COLLEGAMENTI VERSANTE SICILIA

Unità Funzionale

CANTIERI

Tipo di sistema

SITI DI STOCCAGGIO - CAVE

Raggruppamento di opere/attività

SITI DI RECUPERO AMBIENTALE – SD.68

Opera - tratto d'opera - parte d'opera

SRAS RELAZIONE GEOTECNICA

Titolo del documento

CZ0584_F0

CODICE

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0584_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

Relazione Geotecnica.....	5
1 Normativa di riferimento.....	5
2 Stato dei luoghi.....	7
3 Inquadramento geologico e geotecnico.....	9
3.1 Caratteristiche geologiche.....	9
3.2 Litotipi e successione stratigrafica.....	9
3.2.1 Terreni in situ.....	9
3.2.2 Terreni del deposito.....	9
4 Indagini geognostiche.....	11
4.1 Parametri geomeccanici.....	11
5 Caratterizzazione sismica dell'area.....	13
6 Metodi di calcolo.....	14
6.1 Stabilità d'insieme.....	14
7 Verifiche geotecniche.....	17
7.1 Stabilità d'insieme.....	17

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0584_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Relazione Geotecnica

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

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

1 Normativa di riferimento

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0584_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Stato dei luoghi

Il deposito in parola è ubicato nel territorio comunale di Messina, e precisamente in località Pace a monte della strada provinciale “Panoramica dello stretto”, lungo la strada d’argine della fiumara Pace.

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.. L’area interessata dal deposito è ubicata in zona basso collinare e topograficamente interessa una fascia compresa tra la quota massima di circa 185,00 mt. s.l.m. ed una quota minima di 145,00 mt..

Da una analisi morfologica a larga scala il sito in studio presenta pendenze medie che tendono a crescere verso l’asse d’impluvio, e nella parte centrale del bacino le pendenze sono molto acclivi. Ciò nonostante il sito presenta una condizione morfologica generale di stabilità. L’area da destinare a deposito di inerti, indicata con la sigla “SRAS” presenta un bacino avente una pendenza media lungo l’asse nella parte alta del 10 - 25 %, mentre nella parte centrale la pendenza media è di circa 60 – 70 %, mentre la pendenza media generale è del 33 % circa. I versanti laterali mostrano una pendenza a tratti maggiore, e fenomeni erosivi si riscontrano in corrispondenza delle zone a maggior pendenza, il tutto favorito da un terreni affioranti nell’area costituiti da sabbie e ghiaie, dunque molto incoerenti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0584_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Inquadramento geologico e geotecnico

3.1 Caratteristiche geologiche

Nel sito in studio si hanno principalmente terreni di origine sedimentaria, attribuibili alle “sabbie e ghiaie della formazione di Messina”, ed interpretati come il prodotto di antichi apparati fluvio - deltizi alimentati dalla dorsale peloritana, generati dal sollevamento dell’entroterra cristallino.

3.2 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.

3.2.1 Terreni in situ

Affiorano nel sito in studio e sono caratterizzati da una copertura di circa 0,50 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 – 5 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 EUROLINK S.C.P.A., hanno evidenziato uno spessore di oltre 30 mt. (vedi colonne stratigrafiche dei sondaggi allegati S426 – S427). Da informazioni locali e dalle osservazioni in cave presenti in zona limitrofa lo spessore complessivo della formazione è di oltre 100,00 mt..

3.2.2 Terreni del deposito

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0584_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Indagini geognostiche

In questa fase progettuale si fa principalmente riferimento a dati forniti dalla Soc. Eurolink S.C.P.A, in modo da poter definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, e la categoria del suolo, così come richiesto dal D.M. 14-01-2008. I sondaggi a cui ci si riferisce sono i seguenti:

- Sondaggio n° S426 (perforazione a carotaggio continuo ml. 30,00);
- Sondaggio n° S427 (perforazione a carotaggio continuo ml. 45,00);

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.

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

Sondaggio S426:	profondità dal p.c. - 1,50 mt.	5 – 06 – 06
	profondità dal p.c. - 3,00 mt.	5 – 08 – 08
	profondità dal p.c. - 4,50 mt.	04 – 05 – 06
	profondità dal p.c. - 6,00 mt.	06 – 09 – 11
	profondità dal p.c. - 7,50 mt.	16 – 35 – 47
	profondità dal p.c. - 9,00 mt.	42 – (rif. In 11 cm)

Tabella 4.1: Sondaggio S426

Sondaggio S427:	profondità dal p.c. - 1,50 mt.	07 – 10 – 15
	profondità dal p.c. - 3,00 mt.	07 – 10 – 12
	profondità dal p.c. - 4,50 mt.	08 – 10 – 10
	profondità dal p.c. - 6,00 mt.	12 – 16 – 20
	profondità dal p.c. - 7,50 mt.	10 – 15 – 18
	profondità dal p.c. - 9,00 mt.	12 – 14 – 18

Tabella 4.2: Sondaggio S427

4.1 Parametri geomeccanici

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> CZ0584_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Terreno in situ:

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

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

$\varphi' = 34^\circ$

Terreno del deposito (costipato):

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

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

$\varphi' = 31$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA	<i>Codice documento</i> CZ0584_F0	<i>Rev</i> F0

5 Caratterizzazione sismica dell'area

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

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

Il terreno di riferimento per la caratterizzazione sismica viene valutato in base alla tipologia di terreno naturale alla base del terrapieno. Nel caso specifico si fa riferimento a terreno di tipo C. Il coefficiente di topografia è da considerarsi pari a T2.

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

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

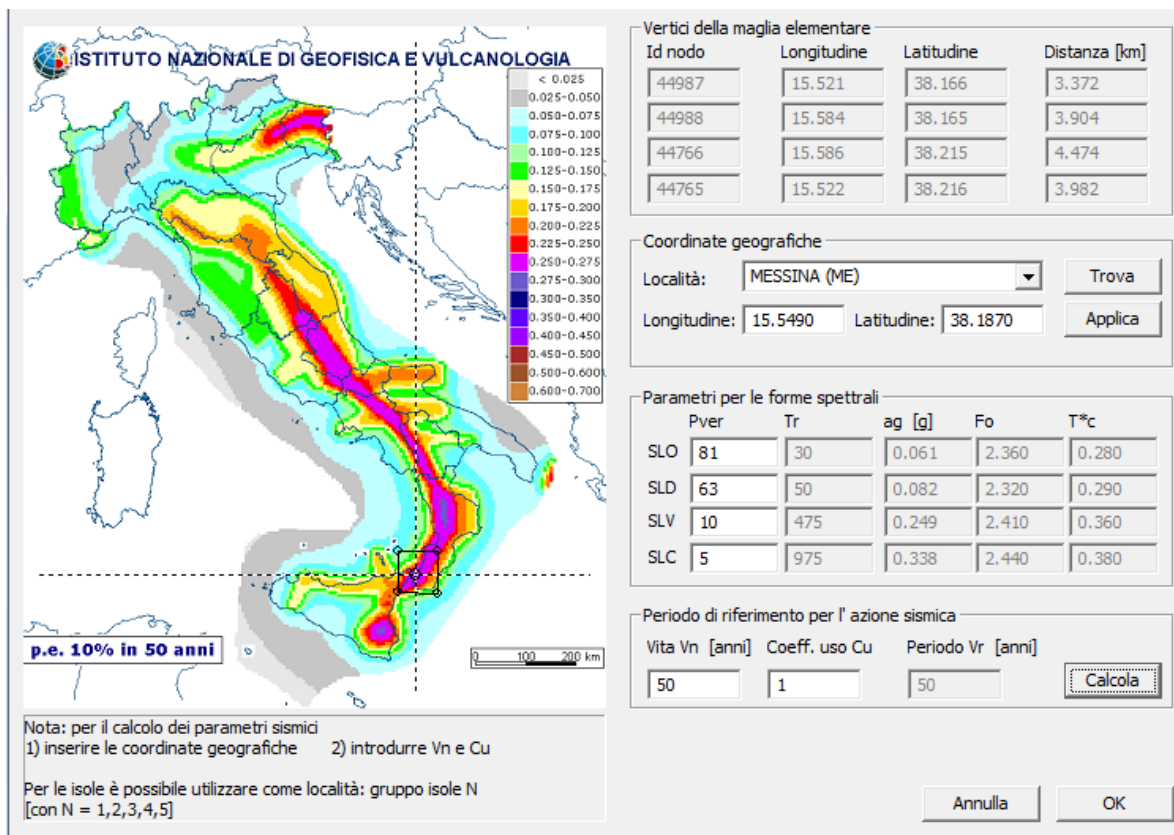


Figura 5.1: Valutazione della pericolosità sismica.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0584_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 Stabilità d'insieme

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

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

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

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

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

dove il termine m è espresso da

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

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

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p><i>Codice documento</i> CZ0584_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Altra valutazione basata sulla definizione di superfici di scorrimento poligonali viene condotta in accordo con il metodo di Bell.

L'ipotesi di base del coefficiente di sicurezza consiste nell'imporre una specifica distribuzione delle tensioni normali lungo la superficie di scivolamento.

$$f = \sin\left(2\pi \cdot \frac{x_b - x_l}{x_b - x_a}\right)$$

- x_b = ascissa punto di monte del pendio.
- x_a = ascissa punto di valle del pendio.
- x_l = ascissa parete di monte del pendio.
- K_x, K_y = coefficienti sismici orizzontale e verticale.
- x_{ci} = ascissa punto medio alla base del concio i-esimo.
- z_{ci} = ordinata punto medio alla base del concio i-esimo.
- x_{gi}, y_{gi} = ascissa e ordinata del baricentro concio i-esimo.
- x_{mi}, y_{mi} = ascissa e ordinata punto di applicazione della risultante delle forze esterne.

Il coefficiente di sicurezza F scaturisce come parametro contenuto nei coefficienti del sistema di equazioni seguente:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{14} \\ a_{24} \\ a_{34} \end{bmatrix}$$

Dove:

- $a_{11} = (1 - K_x) \cdot \left[\sum_i W_i \cos^2 \alpha_i \tan \varphi_i - F \sum_i W_i \sin \alpha_i \cos \alpha_i \right]$
- $a_{12} = \sum_i f \cdot b \tan \varphi_i - F \sum_i f \cdot b \tan \alpha_i$
- $a_{13} = \sum_i c_i \cdot b$
- $a_{14} = \sum_i u_i \cdot b \tan \varphi_i + F \cdot K_x \sum_i (W_i - Q_i)$
- $a_{21} = (1 - K_y) \cdot \left[\sum_i W_i \cdot \sin \alpha_i \cos \alpha_i \tan \varphi_i + F \sum_i W_i \cos^2 \alpha_i \right]$
- $a_{22} = \sum_i f \cdot b \tan \alpha_i \tan \varphi_i + F \sum_i f \cdot b$
- $a_{23} = \sum_i c_i \cdot b \tan \alpha_i$
- $a_{24} = \sum_i u_i \cdot b \tan \alpha_i \tan \varphi_i + F \left[(1 - K_y) \sum_i (W_i + P_i) \right]$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SRAS - RELAZIONE GEOTECNICA		<i>Codice documento</i> CZ0584_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7 Verifiche geotecniche

7.1 Stabilità d'insieme

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

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

Data la particolare consistenza del sito si considera la verifica di sicurezza lungo una superficie di scorrimento poligonale che include la separazione dello strato naturale dal pendio riportato.

Si può verificare che il coefficiente di sicurezza risulta pari a 1.21.

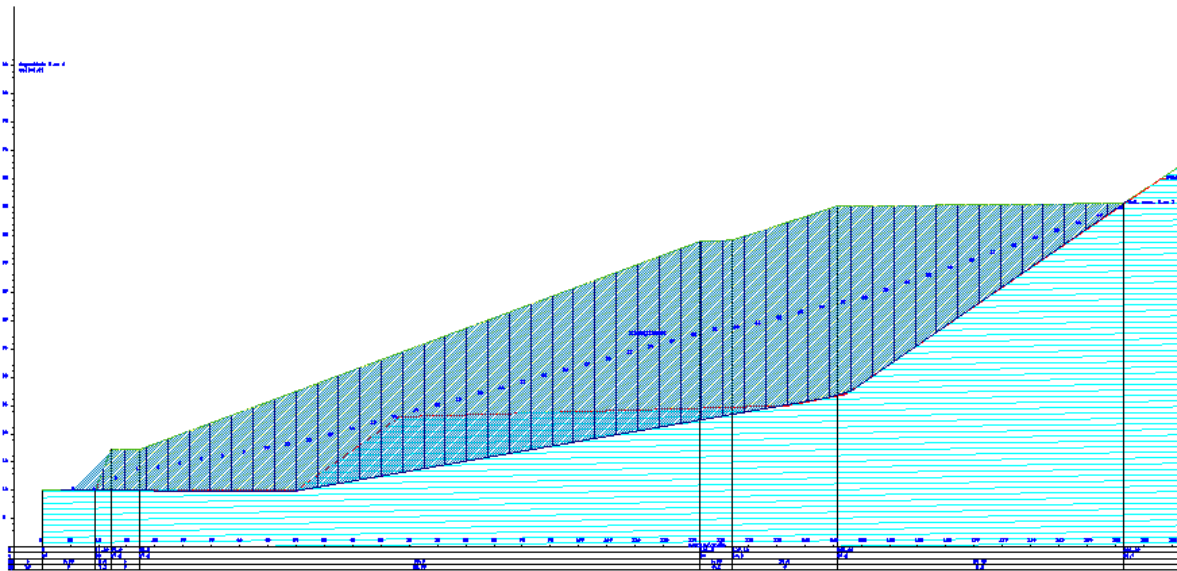


Figura 7.1: **Modello superficie pendio.**

Qualunque ulteriore verifica risulta puramente locale a livello delle singole banche di rilevato.