

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 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>
--	---	---	---

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI CALABRIA	CS0661_F0
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE	
<i>Titolo del documento</i>	MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	G	D	C	S	C	0	0	G	0	0	0	0	0	0	0	3	0	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	PRO ITER S.r.l.	G.SCIUTO	F.COLLA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE		3
PREMESSA.....		4
1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO.....		4
1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....		4
1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA		5
1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....		5
1.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA'		6
2 FASI COSTRUTTIVE.....		9
3 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA ED IN ESERCIZIO		10
3.1 MISURE TOPOGRAFICHE		10
3.1.1 Modalità d'installazione.....		10
3.1.2 Sistema di acquisizione dati.....		11
3.1.3 Frequenza dei rilevamenti.....		11
4 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....		11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PREMESSA

1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO

Nell'ambito del progetto del ponte sullo stretto di Messina, lato Calabria, è prevista la realizzazione di un muro di sostegno del rilevato della rampa M nella tratta tra le progressive pk 0+342 e 0+487, in affiancamento all'adiacente rampa L, ubicata a quota stradale inferiore.

Il muro di sostegno in oggetto è costituito da elementi prefabbricati, rivestiti in pietrame, di altezza in elevazione variabile da un minimo di 3m ad un massimo di 7m circa. Le fondazioni, di dimensioni variabili in funzione dell'altezza del pannello prefabbricato, risultano in c.a. gettate in opera.

A tergo dell'opera di sostegno è previsto materiale drenante e un tubo di drenaggio per lo smaltimento delle eventuali acque di infiltrazione.

Nell'area in esame i terreni di fondazione sono costituiti principalmente dalla formazione delle sabbie e ghiaie di Messina, sovrastante la formazione dei Conglomerati di Pezzo.

1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

Il muro di sostegno in oggetto si trova nella tratta tra le progressive 342.30km e 487.30km della rampa M.

Il muro di sostegno in oggetto è costituito da elementi modulari prefabbricati di larghezza pari a 2.50 m, rivestiti in pietrame, di altezza in elevazione variabile da un minimo di 3m ad un massimo di 7m circa, con due nervature di irrigidimento a tergo del paramento verticale.

Le nervature di irrigidimento di spessore 15/18 cm presentano un primo tratto a sezione costante di altezza $h=30$ cm ed un secondo ad altezza variabile secondo un'inclinazione del 20% sulla verticale. Il paramento può essere verticale o inclinato fino ad un massimo del 10%, anche se a favore di sicurezza nel dimensionamento si considera sempre verticale. Le due nervature sono collegate fra loro da una soletta di spessore costante $s=10$ cm.

I bordi presentano un giunto "a sella" maschio-femmina in modo da trattenere i materiali e da permettere il montaggio degli elementi anche seguendo una curva, sia concava che convessa.

Alla base del muro le nervature presentano ciascuna un'apertura trasversale per il passaggio delle armature della trave di collegamento che si realizza fra i pannelli; l'altezza dell'apertura viene determinata in base all'altezza della suola di stabilizzazione, assicurando un adeguato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ricoprimento dell'armatura superiore della trave.

I muri in oggetto sono tipo "T" dove il tipo di fondazione è sia a monte che a valle.

1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Le litologie prevalenti sono costituite dalla formazione del Conglomerato di Pezzo sovrastato dalle Sabbie e Ghiaie di Messina.

Il Conglomerato di Pezzo, di età tortoniana, è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. La sua potenza è superiore ai 200 m.

Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose.

Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato.

Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili.

Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere.

Le Sabbie e Ghiaie di Messina sono granulometricamente descritte come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

La falda non risulta interferente con le opere, come si evince dagli elaborati di progetto:

Codice	Titolo del documento
CG0800PRBDCSBC8G000000001	Relazione geotecnica generale versante Calabria
CG0800PRGDCSBC6G000000003	Relazione idrogeologica
CG0800PN5DCSBC6G000000003	Carta idrogeologica versante Calabria
CG0800PF6DCSBC6ST000000013	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo M

Per le informazioni più specifiche pertinenti gli studi geologici-geomorfologici, dai quali è stata definita la caratterizzazione geotecnica e geologica, si rimanda agli elaborati relativi alla geologia ed alla geotecnica presenti negli studi di base (Componente di progetto 8 per la Calabria e 36 per la Sicilia).

1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I parametri geotecnici considerati nel dimensionamento del muro sono i seguenti:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Livello	γ (kN/m ³)	ϕ_k (°)	c'_k (kPa)	c_{u-k} (kPa)	E (MPa)
Rilevato	20	38	0	-	-
Sabbie e Ghiaie di Messina	19	38	0	-	(7-16) $z^{0,6}$
Conglomerato di Pezzo	21	40	0	-	150

Cautelativamente, come terreno di fondazione dei muri sono stati considerati i parametri delle Sabbie e ghiaie di Messina.

1.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA'

L'azione sismica di progetto, desunta dal D.M. del 14/01/2008, deriva dalla pericolosità sismica di base del sito; in particolare, viene definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (a_g). Lo stato limite di servizio indagato è lo Stato Limite di Danno (SLD), lo stato limite ultimo indagato è lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Trattandosi di un'opera di sostegno di altezza superiore a 5m si sono considerate le seguenti condizioni vita nominale e classe d'uso:

Vita nominale della costruzione	100 anni
Classe d'uso della costruzione	IV
Coefficiente d'uso della costruzione c_u	2

Inserendo questi parametri e le coordinate geografiche dell'opera (riportate di seguito) nel programma Spettri di risposta ver. 1.0.3 distribuito dal Consiglio Superiore LL.PP si ottengono i valori di a_g da utilizzare nella progettazione:

Lat.	38° 13' 21.63" N
Long.	15° 38' 48.48" E

a_{g-SLV}	0.442
a_{g-SLD}	0.172

A partire dalle accelerazioni su suolo rigido si ricavano le accelerazioni attese al sito (a_{max}), ottenute moltiplicando le a_g per i coefficienti correttivi che tengono conto delle possibili

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

amplificazioni del moto del suolo dovute a effetti stratigrafici e/o topografici. La categoria di suolo prevista è C (V_{s30} da sismica a rifrazione SR15 e S441), mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m; si ottengono quindi questi valori di a_{max} :

$$\begin{array}{l|l}
 S_{S-SLV} & 1.039 \\
 S_{S-SLD} & 1.457 \\
 S_T & 1 \\
 a_{max-SLV} & a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.459 \\
 a_{max-SLD} & a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.250
 \end{array}$$

I coefficienti sismici di progetto per le verifiche geotecniche e strutturali dei muri si deducono, in accordo con il D.M. del 14/01/2008, sulla base delle relazioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove β_m è il coefficiente che porta in conto la riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito a causa della deformabilità dell'opera. La normativa specifica di ricavare il valore di tale coefficiente dalla Tabella 7.11.II, dove vengono assegnati range di valori in funzione di a_g ; poiché però l'accelerazione sismica attesa per quest'opera supera, nello stato indagato SLV, il valore massimo considerato nella suddetta tabella (pari a 0.4g) si è proceduti ad una estrapolazione dei valori della tabella, ottenendo il grafico sottostante:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

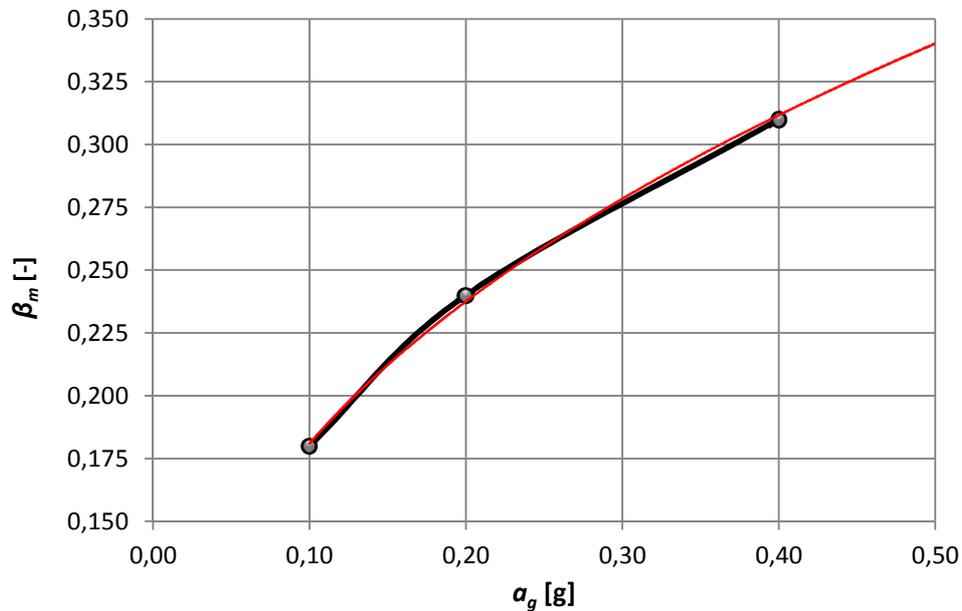


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_m .

Cautelativamente si è assunto $\beta_m = 0.35$ per SLV.

Per SLD risulta: $\beta_m = 0.24$

Per le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera si presenta lo stesso problema, in quanto anche in questo caso il valore del coefficiente β_s necessario per il calcolo dei coefficienti sismici di progetto (vedi espressioni seguenti) non può essere ottenuto direttamente dalla Tabella 7.11.I del D.M. del 14/01/2008 in quanto l'accelerazione sismica attesa per quest'opera supera il valore massimo considerato nella suddetta tabella (pari a 0.4g). Attraverso l'extrapolazione si è ottenuto il grafico sottostante:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

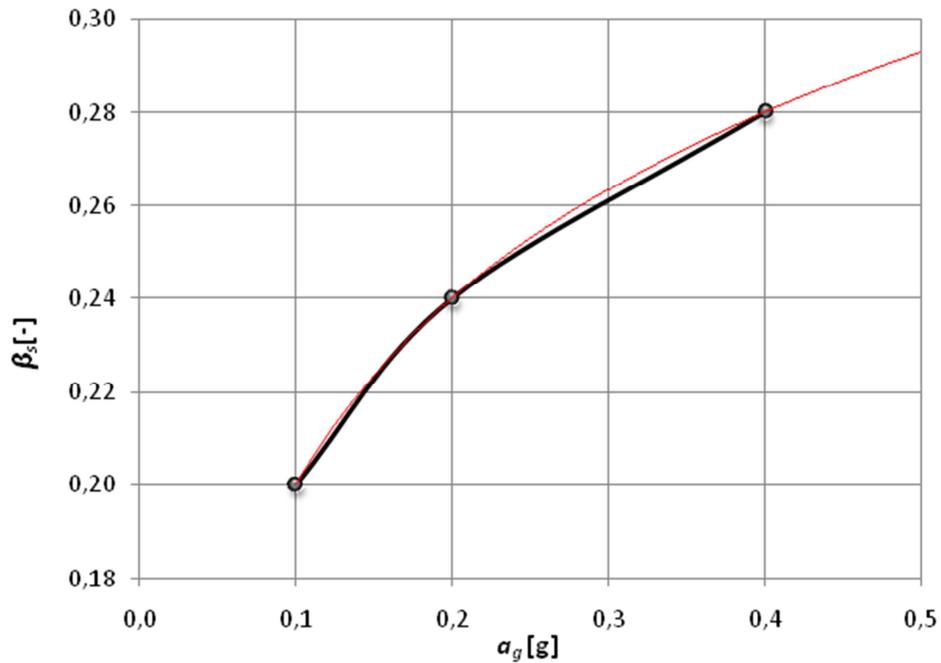


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_s .

Cautelativamente nel calcolo dei coefficienti sismici si è assunto $\beta_s = 0.30$:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_s$$

2 FASI COSTRUTTIVE

Nel seguito vengono brevemente descritte le fasi esecutive per la realizzazione dell'opera in oggetto:

- sbancamento per raggiungere la quota di imposta della fondazione;
- getto in c.a. del piano di appoggio (che dovrà essere perfettamente piano);
- getto della suola di stabilizzazione (fondazione) e contemporaneo raccordo dell'elevazione (prefabbricata);
- riempimento orizzontale a tergo del muro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA ED IN ESERCIZIO

Il presente documento fornisce indicazioni relative al piano di monitoraggio da applicare per l'esecuzione dei muri.

Tale programma viene predisposto al fine di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative, di verificare l'idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

E' stato pertanto definito un sistema di monitoraggio costituito da:

- controlli topografici di **mire ottiche** installate sulle opere di sostegno e sulle berme degli sbancamenti, mediante chiodi in acciaio oppure supporti tassellati per mire removibili, ubicati in corrispondenza delle berme di scavo, in testa al muro e su due/tre/quattro ordini dell'opera di sostegno, in funzione dell'altezza. I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti del muro, in testa e sulle sezioni ad altezze intermedie, nelle tre direzioni dello spazio.

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio predisposto.

3.1 MISURE TOPOGRAFICHE

L'opera di sostegno e gli sbancamenti dovranno essere strumentati attraverso la messa in opera di misuratori di spostamento.

3.1.1 Modalità d'installazione

L'installazione dei chiodi di misura topografica dovrà essere realizzata secondo la seguente procedura:

1. Tracciamento topografico delle posizioni di installazione;
2. Realizzazione del foro di alloggiamento del chiodo di diametro adeguato;
3. Infissione e sigillatura del chiodo nel foro precedentemente realizzato.

Alternativamente, il chiodo potrà essere annegato direttamente nel getto della struttura da monitorare.

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzata la prima livellazione topografica di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). Il caposaldo di riferimento dovrà essere in posizione tale per cui eventuali cedimenti siano minimi e controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

3.1.2 Sistema di acquisizione dati

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti sia del pendio riprofilato (berma), sia del muro, in testa e sulle sezioni ad altezza intermedia, nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali del muro, o in alternativa, abbassamenti, spostamenti in coordinate assolute.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da un teodolite accoppiato a un distanziometro elettronico di precisione. È richiesta la precisione seguente:

- teodolite: lettura angolare non superiore a 2 secondi centesimali;
- distanziometro elettronico: $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$.

3.1.3 Frequenza dei rilevamenti

I riferimenti topografici andranno letti:

Muro:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;

Berme:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;

Completati gli scavi, il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- 1 lettura giornaliera per la prima settimana dal completamento dello scavo;
- 1 lettura settimanale per il successivo mese;
- 1 lettura ogni due settimane per i successivi mesi fino al ritombamento dell'opera.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti. Al termine dell'opera potranno essere previste ulteriori letture a cadenza trimestrale finché possano essere ritenuti nulli gli spostamenti registrati.

Le cadenze sopra elencate dovranno essere il più possibile coincidenti con l'inizio o la fine delle principali lavorazioni previste.

4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ASSE M DA PK 0+342 A PK 0+487 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0661_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Descrizione/oggetto elaborato	Scala	Codice elaborato												
Muro sostegno asse M da pk 0+342 a pk 0+487 - relazione tecnico-descrittiva dell'opera	-	CG0700	P	RG	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	30
Muro sostegno asse M da pk 0+342 a pk 0+487 - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera		CG0700	P	SH	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	22
Muro sostegno asse M da pk 0+342 a pk 0+487 - planimetria di progetto	1:500	CG0700	P	P8	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	29
Muro sostegno asse M da pk 0+342 a pk 0+487 - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche	-	CG0700	P	CL	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	29
Muro sostegno asse M da pk 0+342 a pk 0+487 - pianta, prospetto, sezioni e sezioni tipo	1:200	CG0700	P	P9	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	28