

# 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><b>IL PROGETTISTA</b>                  Dott. Ing. F. Colla                  Ordine Ingegneri                  Milano                  n° 20355                  Dott. Ing. E. Pagani                  Ordine Ingegneri Milano                  n° 15408</p> 	<p><b>IL CONTRAENTE GENERALE</b></p> <p>Project Manager                  (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>                  Direttore Generale e                  RUP Validazione                  (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>                  Amministratore Delegato                  (Dott. P. Ciucci)</p>
--	--	---	--

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI SICILIA	SS0491_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 SV. CURCURACI - DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	G	D	S	S	C	0	0	G	0	0	0	0	0	0	0	1	3	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<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.....		6
1.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' .....		7
2 FASI COSTRUTTIVE.....		10
3 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA ED IN ESERCIZIO .....		11
3.1 MISURE TOPOGRAFICHE .....		11
3.1.1 Modalità d'installazione.....		11
3.1.2 Sistema di acquisizione dati.....		12
3.1.3 Frequenza dei rilevamenti.....		12
4 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....		13

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<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 Sicilia, è prevista la realizzazione di un tratto di muro a sostegno della rampa 5, ubicato tra le progressive 0.135km e 0.069 km nella zona dello svincolo Curcuraci.

Il muro di sostegno in oggetto è costituito da elementi prefabbricati, rivestiti in pietrame, di altezza in elevazione variabile da un minimo di 6m ad un massimo di 10m. 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 infiltrazioni.

Nell'area in esame i terreni di fondazione sono costituiti da depositi alluvionali nei primi metri e più in profondità dalla formazione delle sabbie e ghiaie di Messina.

#### 1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

Il muro a sostegno, ubicato tra le progressive 0+135km dell'Asse E e 0+069km della Rampa 5 nella zona dello svincolo Curcuraci, è costituito da elementi prefabbricati, rivestiti in pietrame, di altezza in elevazione variabile da un minimo di 6m ad un massimo di 10m.

L'analisi viene condotta prendendo come riferimento un elemento modulare prefabbricato di larghezza 2.50 m, considerando il contributo delle 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<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 presenti sono Sabbie e Ghiaie di Messina e Depositi alluvionali.

La litologia prevalente è costituita dalla formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina.

I materiali in oggetto sono granulometricamente descritti come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

Si rilevano strati di ghiaie cementate, come si evidenzia nei rilievi effettuati nelle aree di imbocco della galleria stradale Faro Superiore e Balena; 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.

I Depositi Alluvionali sono costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, giallastre o brune a clasti prevalentemente arrotondati di diametro da 2 a 30 cm, clasti sostenuti o a supporto di matrice argilloso-sabbiosa, alternate a rari sottili livelli di sabbie argillose rossastre; sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-terrosa. L'età dei depositi alluvionali terrazzati è Pleistocene medio-superiore.

I depositi alluvionali recenti sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaie a supporto di matrice terroso-argillosa, talora terrazzati, localizzati in aree più elevate rispetto agli alvei fluviali attuali. La componente ruditica è rappresentata da ciottoli poligenici, prevalentemente cristallini, da spigolosi a subarrotondati di diametro tra 1 e 10 cm, mediamente di 4-5 cm. L'età dei depositi alluvionali recenti è l'Olocene.

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

<b>Codice</b>	<b>Titolo del documento</b>
CG0800PRBDSSBC8G000000001	Relazione geotecnica generale versante Sicilia
CG0800PRGDSSBC6G000000003	Relazione idrogeologica
CG0800PN5DSSBC6G000000009 -10-11-12	Carta idrogeologica versante Sicilia
CG0800PF6DSSBC6ST00000001- 02-03-04-05-21-22-23-24	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Reggio Calabria
CG0800PF6DSSBC6ST00000011-	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12-13-14-15-25-26-27-28	Messina
-------------------------	---------

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

Gli elaborati di riferimento utilizzati per la caratterizzazione geotecnica sono:

- "Relazione Geotecnica Generale" (cod. CG0800PRBDSSCB8G000000001C)
- "Relazione sismica generale" (cod. CG0800PRGDCSBC8G000000001C)
- "Profili geotecnici" (cod. CG0800PFZDCSBC8ST00000001C, 02C, 03C, 04C, 05C, 06C, 07C, 08C, 09C, 10C, 11C, 12C, 13B, 14A, 15A).

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

#### Sabbie e ghiaie di Messina

- Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche (sondaggio S03)
- Prove granulometriche (sondaggi S417, S03)
- Prove SPT (sondaggi S417, S418)
- 1 prova Down hole (sondaggio S418)
- 5 prove pressiometriche (sondaggi S417, S418)
- 4 prove Le Franc (sondaggi S417 e S418)

#### Depositi alluvionali

- Prove per la determinazione delle caratteristiche fisiche (sondaggi S417)
- Prove SPT (sondaggi S417, S418)
- 1 prova Down hole (sondaggio S418)

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDSSBC8G000000001B.

Stratigrafia	prof. (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	c' (Kpa)
--------------	-----------	-------------------------------	-------------	----------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Rilevato	-	20	38	0
Depositi alluvionali recenti	0 – 6	18.5	38	0
Sabbie e Ghiaie di Messina	>6	18.5	38	0
<b>Falda</b>	<b>ASSENTE</b>			

## 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° 15' 6.19" N
Long.	15° 34' 39.73" E

$a_{g-SLV}$	0.411
$a_{g-SLD}$	0.157

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<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 B, mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m; si ottengono quindi questi valori di  $a_{max}$ :

$$\begin{array}{l|l}
 S_{S-SLV} & 1 \\
 S_{S-SLD} & 1.2 \\
 S_T & 1 \\
 a_{max-SLV} & a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.411 \\
 a_{max-SLD} & a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.188
 \end{array}$$

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  $\beta_m$  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:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

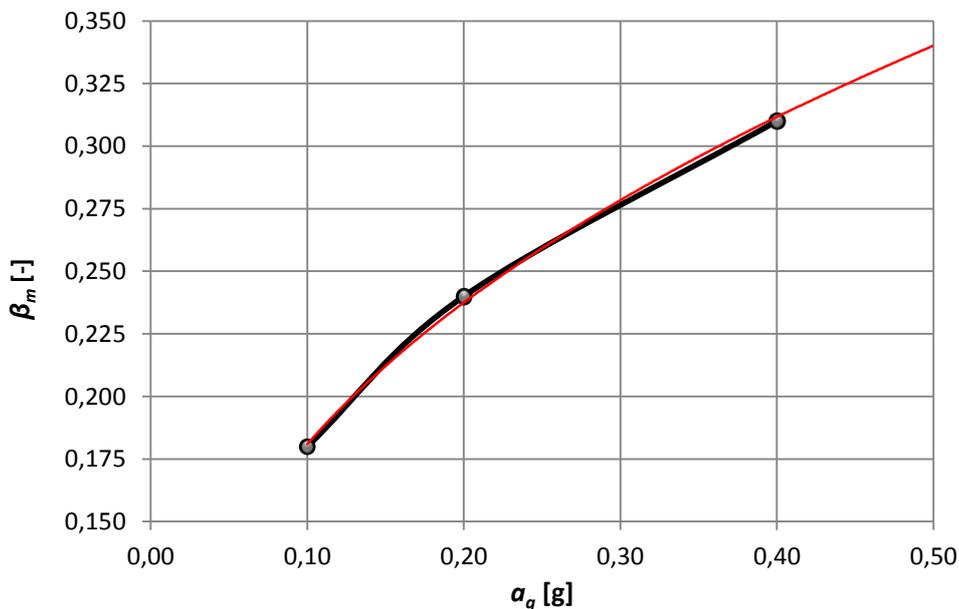


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_m$ .

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  $\beta_m$  non può essere ottenuto direttamente dalla Tabella 7.11.I 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:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

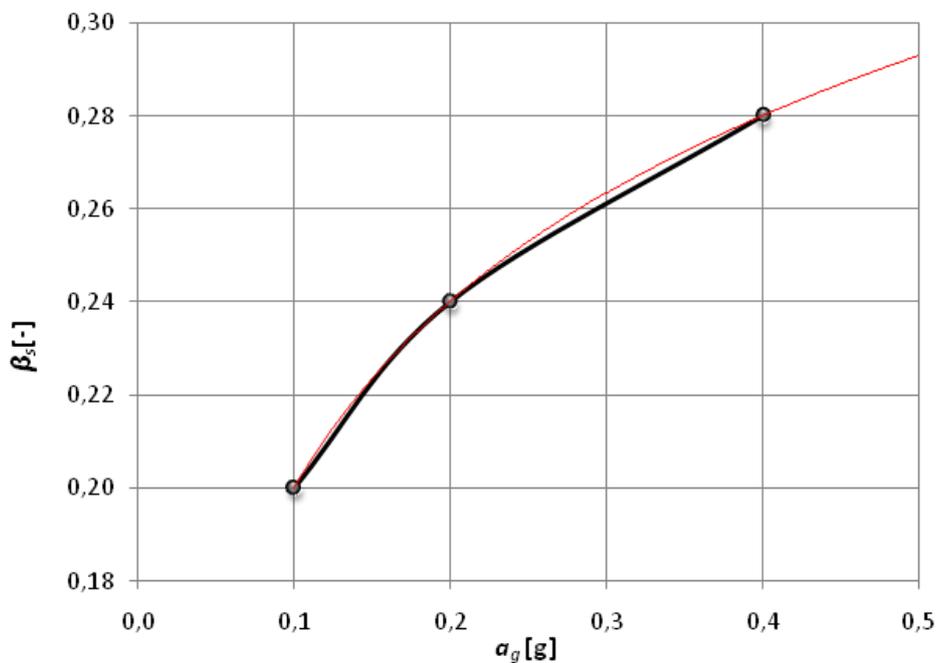


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_s$ .

Cautelativamente si è assunto  $\beta_s = 0.30$ .

## 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.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<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.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO SOSTEGNO SV. CURCURACI DA PK 0+135 ASSE E A PK 0+069 RAMPA 5 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0491_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

principali lavorazioni previste.

## 4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Descrizione/oggetto elaborato	Scala	Codice elaborato											
Muro sostegno Sv. Curcuraci - da pk 0+135 Asse E a pk 0+069 Rampa 5 - relazione tecnico-descrittiva dell'opera	-	CG0700	P	RG	D	S	SC	00	G0	00	00	00	13
Muro sostegno Sv. Curcuraci - da pk 0+135 Asse E a pk 0+069 Rampa 5 - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera		CG0700	P	SH	D	S	SC	00	G0	00	00	00	10
Muro sostegno Sv. Curcuraci - da pk 0+135 Asse E a pk 0+069 Rampa 5 - planimetria di progetto	1:500	CG0700	P	P8	D	S	SC	00	G0	00	00	00	28
Muro sostegno Sv. Curcuraci - da pk 0+135 Asse E a pk 0+069 Rampa 5 - pianta e sezioni tipo	Varie	CG0700	P	PZ	D	S	SC	00	G0	00	00	00	08
Muro sostegno Sv. Curcuraci - da pk 0+135 Asse E a pk 0+069 Rampa 5 - prospetto e sezioni	1:200	CG0700	P	PZ	D	S	SC	00	G0	00	00	00	09
Muro sostegno Sv. Curcuraci - da pk 0+135 Asse E a pk 0+069 Rampa 5 - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche	-	CG0700	P	CL	D	S	SC	00	G0	00	00	00	13