



# 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 CALABRIA	CS0614_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 ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420	
	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	0	3	3	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	PROI TER Srl	G. SCIUTO	F. COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## INDICE

INDICE .....		3
PREMESSA.....		4
1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO.....		4
1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....		5
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 .....		12
3.1.1 Modalità d'installazione.....		12
3.1.2 Sistema di acquisizione dati.....		12
3.1.3 Frequenza dei rilevamenti.....		13
4 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....		13

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

### 1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO

L'opera in oggetto è un muro in c.a. gettato in opera necessario per sostenere la piattaforma stradale tra il viadotto di accesso e l'imbocco della galleria artificiale ferroviaria. Mentre infatti sull'opera di attraversamento e sul viadotto di accesso ferrovia e autostrada presentano la stessa quota altimetrica, dopo tale viadotto la ferrovia si abbassa per raggiungere la quota di imbocco della galleria naturale; le carreggiate autostradali mantengono invece all'incirca la stessa quota che presentano sul viadotto di accesso. Si rendono quindi necessari due muri tra loro speculari, uno tra i rami C-D e il binario dispari della ferrovia (oggetto della presente relazione) e uno tra i rami A-B e il binario pari.

I binari che si trovano tra i due muri sono sorretti da una struttura in c.a. a forma di "U", la cui quota di appoggio sul terreno costituisce anche la quota del piano di posa della fondazione dei muri. Tra il manufatto a "U" e i muri sono presenti le rampe triage 1 e 2, aventi larghezza di 5.2m; per consentire la realizzazione di un marciapiede affiancato a tali rampe si è reso necessario realizzare i muri con un cordolo a sbalzo di larghezza 80cm circa.

I due muri descritti hanno sviluppo di 138m circa ognuno e altezze totali (elevazione + fondazione) comprese tra 14.5m e 11m circa; oltre alle spinte del terreno essi sono soggetti anche al carico stradale dovuto alla presenza a monte dei rami autostradali A-B e C-D.

Le unità geotecniche presenti nell'area in cui verranno realizzate le opere descritte sono principalmente due: i Depositi marini terrazzati, che costituiscono lo strato più superficiale di spessore variabile da 0m a 10m circa, e i Conglomerati di Pezzo, che rappresentano invece lo strato più profondo.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

Il muro in analisi ha sviluppo di circa 138m e ha altezza dell'elevazione variabile tra 12.7m e 9.25m circa; nell'ottica di ottimizzare la progettazione il muro è stato dimensionato considerando due sezioni di calcolo:

- Sezione S1:  $H_{spinta}=13m$ , applicata tra pk 0+282 e pk 0+315 circa;
- Sezione S2:  $H_{spinta}=10.5m$ , applicata tra pk 0+315 e pk 0+420 circa.

Le altezze di spinta utilizzate nel calcolo delle sezioni sono stata ottenute mediando l'altezza dell'elevazione nei primi dieci metri di applicazione della sezione, che sono quelli in cui il muro è più alto.

Il paramento di valle del muro è verticale, mentre quello di monte presenta un primo tratto verticale che si estende fino a 2.6m al di sotto del piano stradale, per poi assumere un'inclinazione rispetto alla verticale di circa 1/10; in testa al muro è presente un cordolo a sbalzo avente la funzione di sostenere la barriera di sicurezza. A causa dell'inclinazione del paramento di monte lo spessore del muro varia da un minimo (in corrispondenza del tratto verticale) di 80cm ad un massimo (alla base dell'elevazione) di 1.84m e 1.59m rispettivamente per le sezioni S1 e S2.

## 1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

La litologia prevalente è costituita dalla formazione del Conglomerato di Pezzo.

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.

Depositi terrazzati marini: sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente. L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

Subordinatamente sono presenti i Trubi ed i Depositi di versante per i quali si rimanda alla

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

caratterizzazione geotecnica generale.

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 .

### 1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riporta la stratigrafia di progetto ottenuta sulla base dei profili Geologico-Geotecnici e i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità assunti nei calcoli.

<b>Materiale</b>	<b>Profondità [m]</b>	<b><math>\gamma_n</math> [kN/m<sup>3</sup>]</b>	<b><math>c'_k</math> [kPa]</b>	<b><math>\phi'_k</math> [°]</b>	<b><math>E'</math> [MPa]</b>
Depositi marini terrazzati	0÷2	17.3	0	38	16÷64 (0÷10m)
Conglomerato di Pezzo	> 2	21.5	0÷100 (0÷25m)	40	150÷300 (0÷20m)

Tabella 1: Stratigrafia di progetto e parametri caratteristici dei materiali.

dove:

- $\gamma_n$  = peso di volume naturale
- $c'$  = coesione drenata
- $\phi'$  = angolo di attrito efficace
- $E'$  = modulo elastico per medie-grandi deformazioni

Come si evince dalla stratigrafia, l'unico materiale che interessa la fondazione del muro è il Conglomerato di Pezzo. Le caratteristiche del materiale a monte del muro sono riportate nella tabella sottostante.

<b>Materiale</b>	<b><math>\gamma_n</math> [kN/m<sup>3</sup>]</b>	<b><math>c'_k</math> [kPa]</b>	<b><math>\phi'_k</math> [°]</b>
Materiale da rilevato	20	0	38

Tabella 2: Parametri caratteristici del materiale a monte del muro.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dove i simboli assumono il significato specificato sopra.

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
CG0800PF6DCSBC6ST000000005 CG0800PF6DCSBC6ST000000026	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo C

#### 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' 49.42" N
Long.	15° 38' 43.88" E

$a_{g-SLV}$	0.437
$a_{g-SLD}$	0.170

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 amplificazioni del moto del suolo dovute a effetti stratigrafici e/o topografici. La categoria di suolo prevista è B ( $V_{s30}$  dalla prova nel sondaggio CS103), corrispondente a “*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*”, mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m; si ottengono quindi questi valori di  $a_{max}$ :

$$\begin{array}{l|l}
 S_S & 1 \\
 S_T & 1 \\
 a_{max-SLV} & a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.437 \\
 a_{max-SLD} & a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.170
 \end{array}$$

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 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 ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

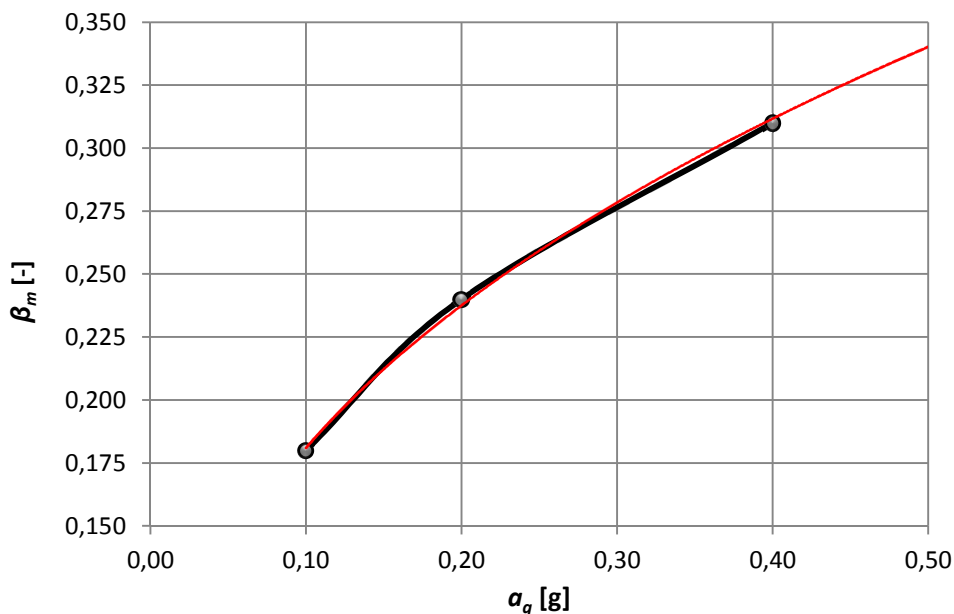


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_m$ .

Cautelativamente si è assunto  $\beta_m = 0.35$ .

Per le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera si presenta lo stesso problema, in quanto anche in questo caso il valore del coefficiente  $\beta_s$  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:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

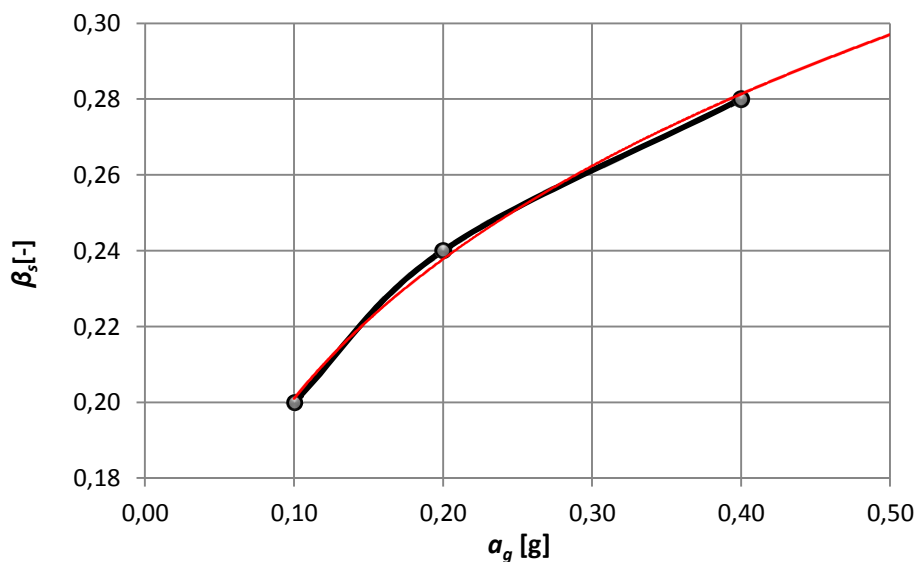


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_s$ .

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:

1. Scavo fino alla quota di imposta della fondazione dei muri;
2. Getto in opera dei muri;
3. Riempimento con materiale da rilevato della zona a monte dei muri e della zona a valle fino a raggiungere la quota di imposta del manufatto a "U" della ferrovia;
4. Getto in opera del manufatto a "U" della ferrovia;
5. Riempimento del manufatto a "U" della ferrovia con materiale idoneo e realizzazione delle rampe triage 1 e 2;
6. Posa della pavimentazione stradale e dei binari ferroviari.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_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.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 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 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:  $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
MURO ASSE C DA PK 0+282 A PK 0+420 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> CS0614_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 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

Descrizione/oggetto elaborato	Scala	Codice elaborato											
Muro asse C da pk 0+282 a pk 0+420 - relazione tecnico-descrittiva dell'opera	-	CG0700	P	RG	D	C	SC	00	G0	00	00	00	33
Muro asse C da pk 0+282 a pk 0+420 - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera		CG0700	P	SH	D	C	SC	00	G0	00	00	00	27
Muro asse C da pk 0+282 a pk 0+420 - planimetria di progetto	1:500	CG0700	P	P8	D	C	SC	00	G0	00	00	00	31
Muro asse C da pk 0+282 a pk 0+420 - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche	-	CG0700	P	CL	D	C	SC	00	G0	00	00	00	32
Muro asse C da pk 0+282 a pk 0+420 - pianta e sezioni tipo	Varie	CG0700	P	PZ	D	C	SC	00	G0	00	00	00	09
Muro asse C da pk 0+282 a pk 0+420 - prospetto e sezioni	1:200	CG0700	P	P9	D	C	SC	00	G0	00	00	00	30