



# 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>                   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>
--	---	---	---

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI CALABRIA  <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> PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293                  RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA</p>		CS0620_F0
--	--	-----------

CODICE	C G 0 7 0 0	P R G D C	S C	0 0	G 0	0 0	0 0	0 0	2 2	F 0
--------	-------------	-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_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.....		11
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>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

### 1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO

L'opera di sostegno in oggetto è una paratia berlinese non tirantata, realizzata all'imbocco Est della galleria Minasi in linea con l'asse C. L'opera si rende necessaria in quanto il piano stradale si trova ad una quota inferiore rispetto a quella dell'attuale piano campagna, inoltre è necessario mantenere in esercizio la cabina elettrica esistente che dista soli 4m dalla paratia.

L'altezza di scavo massima della paratia è pari a circa 3m; la parte fuori terra della paratia presenterà una finitura costituita da un pannello prefabbricato rivestito in pietra inclinato di 1/10 rispetto alla verticale; tra questo pannello e l'estradosso verticale della paratia è previsto un riempimento non strutturale in calcestruzzo debolmente armato.

Nel tratto in cui verrà realizzata la paratia il versante a monte dell'opera (quello a Sud) presenta una pendenza media sub-orizzontale. Le unità geotecniche presenti in quest'area sono principalmente due: i Depositi di versante, che costituiscono lo strato più superficiale di spessore variabile da 0m a 2.5m circa, e le Plutoniti, che rappresentano invece il substrato roccioso più profondo.

#### 1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

La tabella seguente riporta le caratteristiche generali delle paratie in progetto.

##### **Micropali**

Diametro tubo acciaio	193.7 mm
Spessore tubo acciaio	8 mm
Lunghezza massima	7 m
Tipo di acciaio	S355
Diametro di perforazione $\geq$	220 mm
Interasse	0.4 m

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In sommità della paratia è prevista una trave di testata di calcestruzzo armato che lega i micropali tra loro. Le altezze relative alla paratia sono comprensive dell'altezza della trave di testata, che ha sezione minima 100x50cm.

## 1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Le litologie prevalenti sono costituite dalle formazioni dei Plutoniti, Depositi di versante.

Depositi di versante: sono depositi detritici olocenici alimentati da processi di degradazione e trasporto dovuto sia alle acque di dilavamento che alla gravità ed accumulati, in genere, alla base dei versanti. Affiora come un deposito di sabbie di colore rossastro da medie a grossolane, solo subordinatamente fini, con rare intercalazioni di livelli di ghiaiosi o limosi.

Le plutoniti costituite da rocce cristalline granitoidi nel settore centro-meridionale sono, costituite da leucogranodioriti a due miche e graniti-monzograniti.

All'interno dei graniti è stato localmente riscontrato un sensibile grado di alterazione idrotermale che conferisce alla roccia un aspetto brecciato, a luoghi con colorazione biancastra e farinosa al tatto. Le evidenze di affioramento e di sondaggio consentono di ritenere determinante, ai fini della caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, la presenza di una fratturazione, a luoghi molto intensa legata alla coesistenza di più sistemi di discontinuità che, tuttavia, non conferiscono all'ammasso una spiccata anisotropia.

La falda non risulta interferente con le opere.

Localmente non ci sono indagini che indagano nei primi 30m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo. Le prove sismiche nel sondaggio SG11 fornisce una Vs30 di cat. B.

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		Codice documento CS0620_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

Materiale	Profondità [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]	$E'$ [MPa]
Depositi di versante	0-2.5	20	0	33	10
Plutoniti	>2.5	21	100	40	120

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

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 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 ottiene il valore di  $a_g$  da utilizzare nella progettazione:

Lat. | 38° 13' 23.93" N  
 Long. | 15° 38' 49.16" E

$a_{g-SLV}$  | 0.439

A partire dall'accelerazione su suolo rigido si ricava l'accelerazione attesa al sito ( $a_{max}$ ), ottenuta moltiplicando  $a_g$  per i coefficienti correttivi che tengono conto delle possibili amplificazioni del moto del suolo dovute a effetti stratigrafici e/o topografici. Localmente non ci sono indagini che raggiungano i primi 30 m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo: cautelativamente si assume una categoria nel contesto in esame (cat. C – sondaggio C416) corrispondente a “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”, mentre la categoria topografica è T2 in quanto l'inclinazione media a monte è maggiore di 15°, si ottiene quindi questo valore di  $a_{max}$ :

$S_S$  | 1.000  
 $S_T$  | 1.000  
 $a_{max-SLV} = a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.439$

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:

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{a_{max}}{g} \qquad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove  $\alpha$  e  $\beta$  sono due coefficienti che dipendono dall'altezza H della paratia, dal tipo di sottosuolo e dallo spostamento ammissibile dell'opera  $u_s$ , limitato superiormente da 0.005 volte l'altezza della paratia. Tali valori possono essere ricavati dai grafici di Figura 1 e Figura 2.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

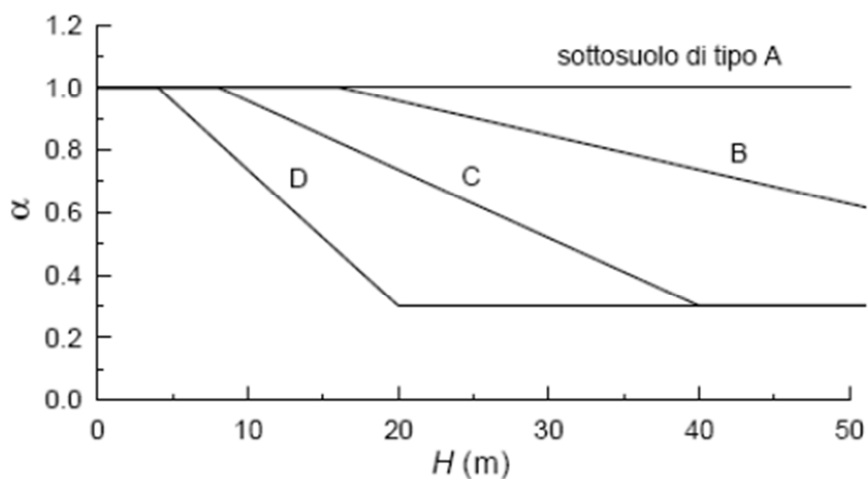


Figura 1: Figura 7.11.II delle N.T.C. 2008, da utilizzare per trovare il coefficiente  $\alpha$ .

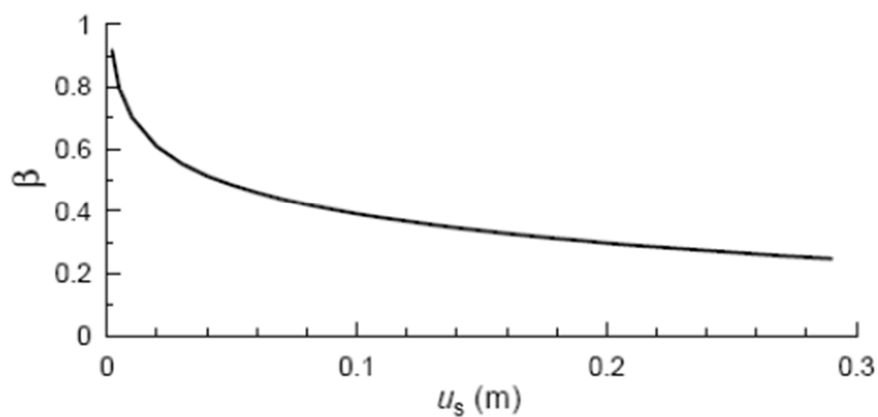


Figura 2: Figura 7.11.III delle N.T.C. 2008, da utilizzare per trovare il coefficiente  $\beta$ .



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In ogni caso  $\beta$  non deve essere inferiore a 0.2.

Nel caso in esame si è assunto:

$$\begin{array}{l|l} u_s & 3\text{cm} \\ \alpha & 1.000 \\ \beta & 0.544 \end{array}$$

Conseguentemente:

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.239$$

La componente sismica verticale è stata trascurata:  $k_v = 0$

Data la deformabilità dell'opera, l'azione sismica è stata considerata mediante il metodo di Mononome-Okabe implementato da Paratie Plus 2010. Tale metodo consente di calcolare automaticamente la sovraspinta sismica a monte della paratia come differenza tra le spinte delle terre in condizione sismica e in condizioni di spinta attiva. Contemporaneamente all'applicazione di tale sovraccarico, il programma sostituisce ai coefficienti di spinta passiva valutati in fase statica i coefficienti di spinta passiva in fase sismica.

Per le verifiche di stabilità globale del pendio si è invece considerata sia l'accelerazione orizzontale che quella verticale. Poiché il valore del coefficiente  $\beta_s$  non può essere ottenuto direttamente dalla Tabella 7.11.I del D.M. 14/02/2008, in quanto l'accelerazione sismica attesa per quest'opera supera il valore massimo considerato nella suddetta tabella (pari a 0.4g), si è eseguita un'extrapolazione dei valori da normativa, ottenendo il grafico seguente:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

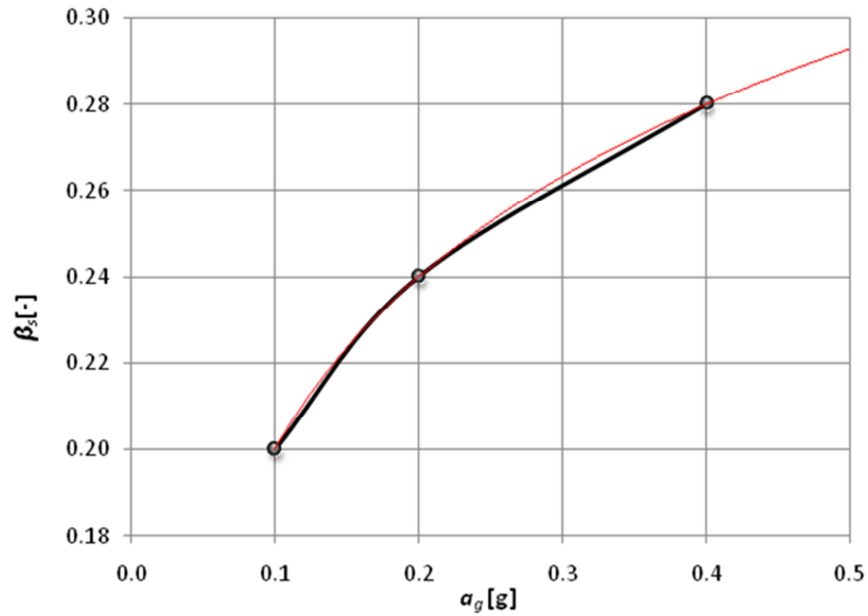


Figura 3: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_s$ .

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

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.132$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_s = \pm 0.066$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 FASI COSTRUTTIVE

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

- Realizzazione dei micropali
- Scavo fino a fondo scavo.
- Realizzazione del cordolo di appoggio del pannello di rivestimento in pietra.
- Posizionamento del pannello di rivestimento in pietra e getto del riempimento in calcestruzzo, armato con una rete elettrosaldata e dotato di nicchie in corrispondenza delle teste dei tiranti per garantirne l'ispezionabilità.

## 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 della paratia di micropali in oggetto; date le ridotte dimensioni dell'opera, sia in termini di altezza sia in termini di sviluppo planimetrico, è stato previsto il solo monitoraggio attraverso strumenti topografici.

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, sulla trave di testata in calcestruzzo armato e su due/tre/quattro ordini dell'opera di sostegno, in funzione dell'altezza dello scavo. I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti della paratia, 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>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_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.

Per quanto riguarda i riferimenti sulla trave, questi dovranno essere installati prima dell'esecuzione dello scavo di sbancamento della paratia; i riferimenti sulle travi di correa andranno posti in opera non appena raggiunta la relativa quota di scavo.

#### 3.1.2 Sistema di acquisizione dati

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti sia del pendio riprofilato (berma), sia della paratia, in testa e sulle sezioni ad altezza intermedia, nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali della paratia, 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>		
PARATIA ASSE C DA PK 1+249 A PK 1+293 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0620_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.1.3 Frequenza dei rilevamenti

I riferimenti topografici andranno letti in corrispondenza delle diverse fasi di scavo e più precisamente:

#### Trave di testata:

- Prima dell'esecuzione dello scavo;
- Ogni successiva fase parziale di scavo;

#### Paratia:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;
- Appena raggiunta la successiva quota di scavo.

#### Berme:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;
- Ogni successiva fase parziale di scavo;

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												
Paratie - dettagli costruttivi	varie	CG0700	P	SZ	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	06
Paratia asse C da pk 1+249 a pk 1+293 - relazione tecnico-descrittiva dell'opera	-	CG0700	P	RG	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	22
Paratia asse C da pk 1+249 a pk 1+293 - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera		CG0700	P	SH	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	23
Paratia asse C da pk 1+249 a pk 1+293 - planimetria di progetto	1:500	CG0700	P	P8	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	21
Paratia asse C da pk 1+249 a pk 1+293 - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche	-	CG0700	P	CL	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	21
Paratia asse C da pk 1+249 a pk 1+293 - pianta, prospetto e sezioni	1:200	CG0700	P	P9	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	21
Paratia asse C da pk 1+249 a pk 1+293 - sezioni tipo	1:50	CG0700	P	WB	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	05