



# 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</p> <p>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>
---	--	---	---

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI CALABRIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p>ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p>GENERALE</p> <p>PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045</p> <p>RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA</p>	<p>CS0636_F0</p>
---	---	------------------

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 0	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 D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_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 .....	6
1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	6
1.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' .....	6
2 FASI COSTRUTTIVE.....	11
3 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA ED IN ESERCIZIO .....	12
3.1 MISURE TOPOGRAFICHE .....	13
3.1.1 Modalità d'installazione.....	13
3.1.2 Sistema di acquisizione dati.....	14
3.1.3 Frequenza dei rilevamenti.....	14
3.2 TUBO INCLINOMETRICO .....	15
3.2.1 Modalità d'installazione.....	15
3.2.2 Sistema di lettura .....	16
3.2.3 Frequenza dei rilevamenti.....	17
3.3 ESTENSIMETRO MULTIBASE .....	17
3.3.1 Modalità d'installazione.....	18
3.3.2 Sistema di lettura .....	18
3.3.3 Frequenza dei rilevamenti.....	19
3.4 BARRETTE ESTENSIMETRICHE .....	19
3.4.1 Modalità d'installazione.....	19
3.4.2 Frequenza rilevamenti .....	20
3.4.3 Restituzione dati .....	20
3.5 CELLE DI CARICO.....	20
3.5.1 Modalità d'installazione.....	21
3.5.2 Frequenza rilevamenti .....	22
3.5.3 Restituzione dati .....	22
4 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	23

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_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 di diaframmi (120x250cm) in c.a., tirantata ove necessario (altezze maggiori di 4m), realizzata lungo il tratto di strada in affiancamento alla Salerno – Reggio Calabria, a Sud del viadotto Immacolata; l'opera si rende necessaria in quanto il piano stradale si trova ad una quota inferiore rispetto a quella dell'attuale piano campagna.

L'altezza di scavo massima della paratia è pari a circa 5.3m; 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 del diaframma è previsto un riempimento non strutturale in calcestruzzo debolmente armato.

Nel tratto in cui verrà realizzata la paratia il versante a monte dell'opera presenta una pendenza media di circa 25° sull'orizzontale. Il terreno coinvolto dalla realizzazione dell'opera è costituito da depositi terrazzati marini e da sabbie e ghiaie di Messina.

Si sottolinea la tempistica differente della paratia suddetta. Cioè il tratto tra le progressive 1+564Km e 1+944Km viene eseguito durante l'ampliamento dell'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria, mentre il tratto tra le progressive 1+944Km e 2+045Km verrà costruito successivamente, durante la costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina.

La paratia in oggetto sarà un'opera definitiva, quindi nei tratti tirantati le teste dei tiranti dovranno essere ispezionabili e la protezione degli stessi dovrà essere tripla, cioè con guaina lungo il tratto libero, guaina corrugata lungo tutto il bulbo di fondazione e trefoli viplati. Per garantire l'ispezionabilità dei tiranti saranno predisposte delle nicchie nel riempimento in c.a. in corrispondenza delle teste dei tiranti; tali nicchie saranno inoltre rivestite con un pannello rimovibile. Inoltre, a monte della paratia in c.a. verrà realizzata una paratia in micropali provvisoria per consentire di creare un piano di lavoro idoneo per la realizzazione dei diaframmi in c.a.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

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

### Diaframmi

sezione	120cmx250cm
Lunghezza massima	13m
Materiale	Cemento armato

### Berlinese

sezione	Φ219.1/20mm
Lunghezza massima	9m
Materiale	S355
Diametro di perforazione	300mm
Interasse	0.4m

### Tiranti attivi

Numero di ordini	1
diametro di perforazione ≥	140 mm
Trefoli	4
Interasse	1 per ogni pannello per tutti gli ordini
Inclinazione sull'orizzontale	30° (1° ordine)
Tipo tirante	IRS - ad iniezioni ripetute e selettive

Il bulbo dei tiranti verrà eseguito ad iniezioni ripetute e selettive con una valvola al metro lineare di fondazione.

In sommità della paratia è prevista una trave di testata di calcestruzzo armato che lega i pannelli tra loro. Le altezze relative alla paratia sono comprensive dell'altezza della trave di testata, che ha sezione minima 120cmx200cm.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Le litologie prevalenti sono costituite dalle formazioni dei Sabbie e Ghiaie di Messina, Depositi terrazzati marini.

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

I 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.

La falda non risulta interferente con le opere.

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.

Materiale	Profondità [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]	$E'$ [MPa]
Depositi terrazzati marini	10.5	19	0	38	35-80
Sabbie e ghiaie di Messina	-	18	0	38	$(19-48) z^{0.5}$

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$E'$  = 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
CG0800PF6DCSBC6ST000000007 CG0800PF6DCSBC6ST000000027	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo D

## 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
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° 12' 58.96" N
Long.	15° 38' 52.09" E

$a_{g-SLV}$	0.446
-------------	-------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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  $a_{max}$ :

$$\begin{array}{l|l}
 S_S & 1.033 \\
 S_T & 1.200 \\
 a_{max-SLV} & a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.553
 \end{array}$$

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:

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

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.

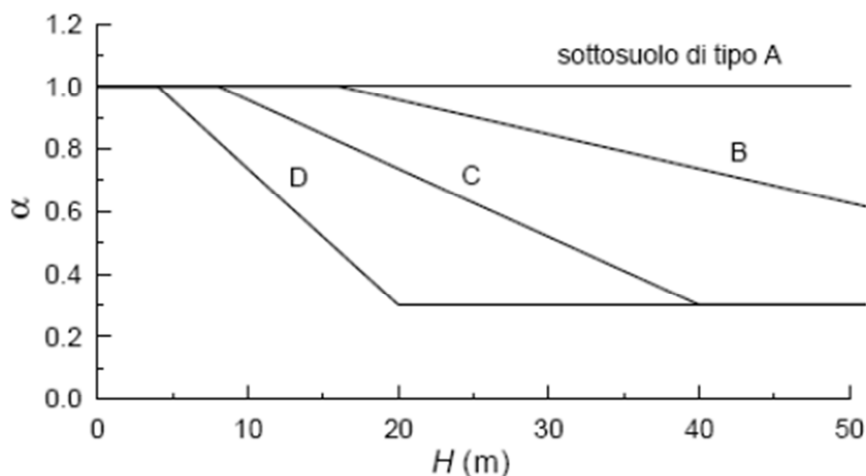



Figura 1: Figura 7.11.II delle N.T.C. 2008, da utilizzare per trovare il coefficiente  $\alpha$ .



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

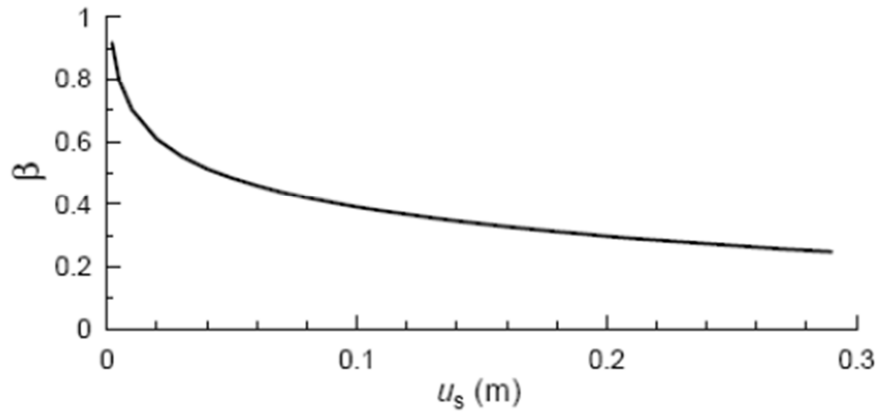


Figura 2: Figura 7.11.III delle N.T.C. 2008, da utilizzare per trovare il coefficiente  $\beta$ .

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

Nel caso in esame si è assunto:

$u_s$	4cm
$\alpha$	0.890
$\beta$	0.506

Conseguentemente:

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.249$$

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


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_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						

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:

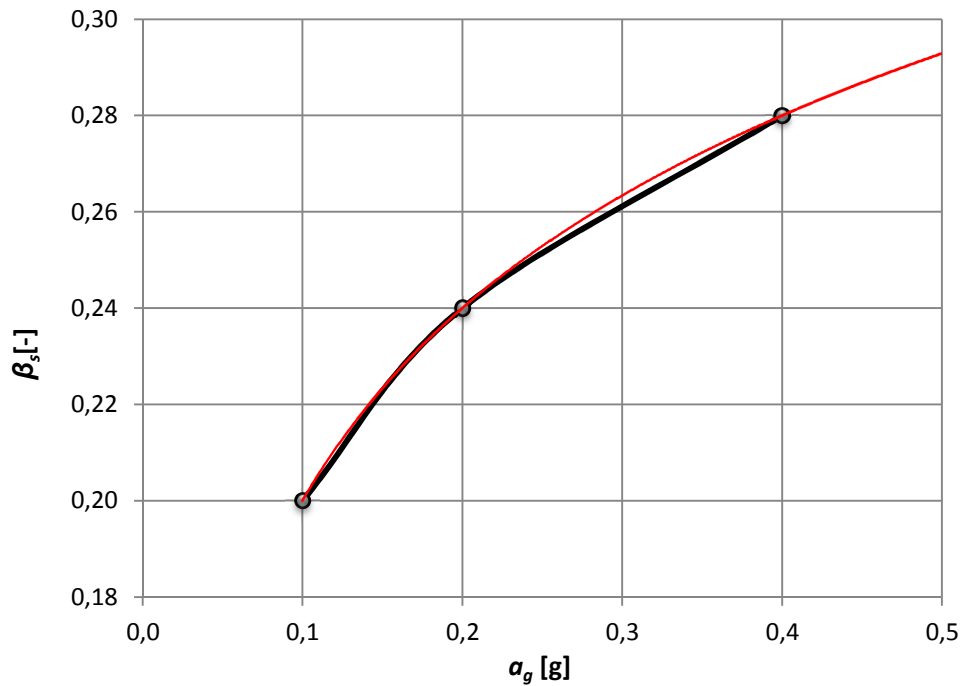


Figura 3: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di  $\beta_s$ .

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

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.166$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_s = \pm 0.083$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_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 della paratia in micropali a monte dell'opera definitiva.
- Scavo di 4m a valle della berlinese al fine di creare un piano regolare per la realizzazione dei diaframmi in c.a..
- Realizzazione dei diaframmi in c.a. mediante benna mordente.
- Getto della trave di testata della paratia.
- Ritombamento e ripristino dell'area interessata dagli scavi a monte dei diaframmi, con posizionamento della canaletta dietro l'opera.
- Scavo parziale fino a circa 0.5m sotto la quota d'imposta del primo ordine di tiranti, vale a dire circa 4m al di sotto del limite superiore della trave di testata.
- Esecuzione e tesatura del primo ordine di tiranti.
- 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.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_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 delle paratie tirantate in diaframmi in c.a.

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.
- **Inclinometri** ed **estensimetri multibase**: nella sezione di maggior altezza di scavo della paratia verranno posizionati:
  - in corrispondenza della paratia:
    - un tubo inclinometrico all'interno del diaframma in c.a., per confermare i risultati delle misure topografiche e fornire l'andamento della deformazione della paratia con la profondità in continuo;
    - un estensimetro multibase orizzontale a 4 basi (5m, 10m, 20m, 30m), ubicato tra il 1° e il 2° ordine di tiranti, per confermare le dimensioni del cuneo di spinta a tergo della paratia.
  - in corrispondenza del limite dello sbancamento a monte della paratia:
    - un tubo inclinometrico della profondità di circa 40m, per verificare gli eventuali spostamenti del versante in un'area esterna agli scavi.

I risultati delle letture verranno confrontati con le ipotesi progettuali derivanti dai calcoli.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Strumentazione di controllo del comportamento tensionale delle strutture: sulle gabbie di armatura del diaframma, nella sezione di paratia con massima altezza di scavo, verranno applicate delle coppie di **estensimetri elettrici**, a diverse quote corrispondenti alle massime sollecitazioni tensionali. I terminali degli estensimetri dovranno essere alloggiati in un apposito pannello di centralizzazione.
- Celle di pressione per la misura della forza agente sui tiranti, mediante l'adozione di **celle di carico toroidali** per la misura del carico agente sui tiranti. Le celle di carico saranno disposte in testa ad alcuni tiranti con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e nel proseguire delle lavorazioni. Le celle dovranno essere dotate di target ottici al fine di misurare eventuali spostamenti ai quali potrebbero essere soggette. I terminali delle celle di carico dovranno essere alloggiati in un apposito pannello di centralizzazione.

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 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

### 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

## 3.2 TUBO INCLINOMETRICO

Il tubo dovrà essere in materiale plastico (ABS) e dotato di guide di riferimento e scorrimento per sonda inclinometrica disposte su due diametri tra loro ortogonali (spiratura <0.5°/m).

Il diametro interno della tubazione dovrà essere non inferiore a 76mm.

### 3.2.1 Modalità d'installazione

L'installazione dei tubi verrà eseguita in verticale in terreno o all'interno dei diaframmi in c.a. In quest'ultimo caso potrà essere annegato all'interno del getto, opportunamente ancorato alla gabbia di armatura.

Nel caso invece di installazione in terreni, la perforazione per la posa in opera dei tubi sarà eseguita a distruzione e dovrà avere diametro minimo 101mm (max 140mm). Dovrà essere garantita la regolarità dimensionale del foro, evitando franamenti e conseguenti scavamenti nello stesso; la lunghezza di perforazione dovrà essere maggiore di 0.5m rispetto alla lunghezza di tubo prevista.

Nel caso in cui le pareti del foro non si autosostengano si dovrà provvedere alla posa in opera di una tubazione di rivestimento provvisoria di diametro interno non inferiore a 100mm.

Lo scostamento della verticalità dell'asse di perforazione o di posizionamento non dovrà mai superare il 2% e dovrà essere garantito il passaggio di una sonda di misura di lunghezza pari a 2.0m.

L'installazione della tubazione sarà eseguita assemblando la tubazione man mano che la stessa sarà calata in foro.

Tutte le giunzioni del tubo dovranno essere rivettate (in posizione intermedia tra le guide di misura) ed accuratamente sigillate.

Il tubo di misura dovrà essere messo in opera mantenendo una delle coppie di guide di misura perpendicolari all'asse dell'opera ed evitando torsioni.

I punti di misura per i sensori inclinometrici dovranno essere installati secondo le modalità indicate dal fornitore, avendo cura di garantire (anche durante le fasi di movimentazione e calaggio della

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tubazione in foro) il corretto funzionamento degli stessi.

La cementazione verrà eseguita mediante iniezione di boiaccia idonea alle caratteristiche del terreno attraversato (miscela acqua, cemento, bentonite costituita rispettivamente da 100-30-6 parti in peso) attraverso almeno due tubi di iniezione disposti uno a fondo foro ed uno a metà dello stesso.

Durante l'esecuzione della cementazione il tubetto di iniezione verrà eventualmente recuperato ad intervalli regolari. Contemporaneamente si provvederà al riempimento del tubo con acqua pulita per ridurre la spinta idrostatica sul tubo prodotta dalla boiaccia.

Nel caso le pareti non si autosostengano, il rivestimento dovrà essere estratto in fasi successive in concomitanza con la cementazione.

Durante la presa della boiaccia si dovrà provvedere ad eventuali rabbocchi da bocca foro. Successivamente verrà installato a testa tubo un pozzetto di protezione, con chiusino di tipo carrabile.

Al termine dell'installazione dovrà essere verificata la funzionalità della tubazione e si dovrà procedere al lavaggio del tubo con acqua pulita immessa in pressione dal fondo con apposita cannetta.

### **3.2.2 Sistema di lettura**

Ad ogni lettura si dovrà provvedere al rilievo della temperatura esterna e garantire adeguata stabilizzazione termica della strumentazione in foro.

La prima lettura di zero verrà eseguita ad avvenuta presa della boiaccia di cementazione (comunque non prima di 4 giorni dalla stessa).

Per misure inclinometriche la lettura di zero dovrà essere eseguita procedendo dal basso verso l'alto sulle 4 guide e con passo di misura pari a quella dei carrelli della sonda (passo della sonda di misura).

Le letture di esercizio potranno essere eseguite sulle due guide che hanno fornito minore e medio valore di semi scarto fra letture opposte.

In caso di anomalie di misura o presenza di fenomeni deformativi significativi, potrà essere richiesta, sul singolo tubo, l'esecuzione di letture di esercizio su 4 guide.

In caso di anomalie di misura o presenza di fenomeni deformativi significativi potrà essere richiesta, sul singolo tubo, l'esecuzione di due rilievi su guide differenti (come per la lettura di zero).

I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in forma tabellare e di grafici profondità-spostamento incrementale ed assoluto).



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.2.3 Frequenza dei rilevamenti

La lettura sarà effettuata in corrispondenza delle diverse fasi di scavo e più precisamente:

- Prima dell'esecuzione dello scavo; in particolare per l'inclinometro posto sul versante, sarà necessario effettuare n°3 letture mensili prima de ll'inizio dello scavo della paratia;
- 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.

### 3.3 ESTENSIMETRO MULTIBASE

Gli estensimetri orizzontali ad asta multibase (n° 4 basi ubicate a 5m, 10, 20, e 30m) dovranno essere costituiti dai seguenti elementi:

- testa di misura in ferro zincato a n°4 basi con al loggiamenti in acciaio inox per i comparatori e/o trasduttori lineari di spostamento protetti da tappo in plastica, dotata di coperchio di protezione a tenuta stagna;
- riscontri di lettura con astine filettate di lunghezza non inferiore a 150 mm riposizionabili;
- n° 4 aste di misura in acciaio, di lunghezza 5m, 10 m, 20m e 30m, con idoneo sistema di accoppiamento e dotate di tubazione rigida di protezione in PVC o acciaio;
- ancoraggi profondi in acciaio ad aderenza migliorata di lunghezza non inferiore a 500 mm da cementare alle pareti del foro;
- sistema di collegamento tra gli ancoraggi e le aste di misura;
- tubo di iniezione della malta cementizia.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.3.1 Modalità d'installazione

L'installazione dello strumento verrà eseguita in orizzontale in terreno.

Il foro per l'installazione di 4 basi estensimetriche ad asta dovrà avere diametro non inferiore a 127mm e dovrà avere una lunghezza superiore di almeno 50cm della lunghezza relativa alla base di ancoraggio più profonda.

Al termine dell'esecuzione del foro si provvederà ad installare nel foro gli estensimetri ad asta, avendo cura di posizionare gli ancoraggi esattamente alle profondità indicate di 5m, 10m, 20m e 30m.

Particolare cura dovrà essere posta nell'accoppiamento tra le aste e la testa di misura in superficie; una volta che tutte le parti della strumentazione saranno correttamente posizionate si provvederà a cementare gli ancoraggi in profondità impiegando l'apposito tubo di iniezione pompando la miscela cementizia dal fondo del foro a bassa pressione, avendo cura di non causare movimenti alle aste estensimetriche installate. La cementazione degli ancoraggi profondi avverrà successivamente alla cementazione della testa di misura in superficie, da eseguirsi con cemento a presa rapida.

A presa avvenuta si procederà alla regolazione dello zero iniziale impiegando un comparatore centesimale o un trasduttore lineare di spostamento ed agendo sulla vite di regolazione della testa di misura, con esecuzione di almeno tre misure di riscontro.

### 3.3.2 Sistema di lettura

Le misure di deformazione dovranno sempre essere accompagnate da misure di temperatura dell'aria, della superficie del terreno e del sistema di estensimetri eseguite all'interno della testa dell'estensimetro.

La prima lettura di zero verrà eseguita ad avvenuta presa della boiaccia di cementazione (comunque non prima di 4 giorni dalla stessa).

La documentazione finale dovrà comprendere tutte le informazioni relative allo strumento quali la quota assoluta o relativa della testa di misura, il tipo di strumentazione installata, le caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione, lo schema di installazione nel foro degli estensimetri con indicazione della profondità degli ancoraggi, i risultati della calibrazione iniziale con indicazione dello zero iniziale espresso in centesimi di millimetro, della temperatura dell'aria, della roccia e del sistema estensimetrico.

I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

forma tabellare e di grafici profondità-spostamento incrementale ed assoluto).

### 3.3.3 Frequenza dei rilevamenti

La lettura sarà effettuata in corrispondenza delle diverse fasi di scavo e più precisamente:

- Prima dell'esecuzione dello scavo successivo all'installazione dello strumento;
- Ogni successiva fase parziale di scavo, con cadenza settimanale;

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.

## 3.4 BARRETTE ESTENSIMETRICHE

I deformometri a corda vibrante, denominati "barrette estensimetriche", hanno lo scopo di misurare le deformazioni delle superfici su cui sono applicati. Sono costituiti da barrette metalliche sigillate, generalmente lunghe 15-16cm, contenenti un filo in acciaio teso, ancorato saldamente agli estremi e libero di vibrare all'interno della barretta.

Le deformazioni sono misurate, in direzione concorde alla direzione di installazione dello strumento. Il cambiamento di tensione viene misurato come una variazione della frequenza di vibrazione del cavetto. La lettura della frequenza di vibrazione è possibile attraverso una coppia di magneti localizzati vicino al filo d'acciaio.

Tali strumenti dovranno essere disposti all'interno del diaframma in c.a, saldati alle gabbie di armatura, alle seguenti quote da testa palo: -10m, -15m, -25m, con lo scopo di misurare le deformazioni all'interno dell'elemento strutturale e l'evoluzione delle stesse nel tempo col proseguire delle lavorazioni.

### 3.4.1 Modalità d'installazione

Le barrette estensimetriche dovranno essere fissate direttamente ai ferri di armatura della gabbia

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

del diaframma in c.a.. Le fascette di ancoraggio non dovranno essere troppo serrate onde evitare che durante il getto nascano stati di tensionamento anomali che possono interferire con il corretto funzionamento della corda vibrante all'interno dell'astina.

E' consigliabile eseguire una verifica preliminare del funzionamento prima dell'installazione collegando lo strumento all'unità di lettura ed osservando i valori restituiti.

Sarà anche opportuno accertarsi che il trasduttore mantenga l'orientamento desiderato dopo la fase di getto.

Lo strumento dovrà avere un campo di misura di +/- 1500microeps, risoluzione di 1 microeps e dovrà avere un termistore elettrico incorporato.

### 3.4.2 Frequenza rilevamenti

Le barrette estensimetriche sono lette in automatico e quindi permettono l'acquisizione con cadenza costante e frequente.

In particolare si dovrà predisporre il sistema di acquisizione dati con letture almeno giornaliera fino al completamento degli scavi. Completati gli scavi il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- 1 lettura giornaliera per il primo mese dal completamento dello scavo;
- 1 lettura settimanale fino al termine dei lavori.

Al termine dell'opera potranno essere previste ulteriori letture a cadenza trimestrale finché possano essere ritenuti nulli gli spostamenti registrati.

### 3.4.3 Restituzione dati

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni delle deformazioni nel tempo;
- Variazioni dello stato tensionale nel tempo.

## 3.5 CELLE DI CARICO

Si tratta di strumenti adatti al controllo e alla misura del carico agente su strutture e/o trasmesso in determinati punti delle stesse.

Le celle di carico saranno disposte in testa ad alcuni tiranti con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e col proseguire delle lavorazioni.

Le celle dovranno essere dotate di target ottici per la misura degli spostamenti che eventualmente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

potranno subire.

Le celle di carico per tiranti strumentati sono costituite da:

- un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain-gauge di tipo resistivo in numero variabile ma dimensionati in modo tale da garantire una minore sensibilità ai carichi eccentrici, collegati in modo da permettere l'acquisizione dati su un unico canale;
- una piastra in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella;
- un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizzi il collegamento dello strumento all'unità di lettura.

Sotto carico la cella toroidale subisce una deformazione che viene rilevata dagli estensimetri, i quali variando il loro valore di resistenza generano in uscita un segnale elettrico proporzionale al carico applicato.

Le celle di carico verranno poste in opera sugli elementi di ancoraggio delle opere di sostegno degli scavi e dovranno avere con campo di misura 0-800kN. Il sensore di misura dovrà consentire un'accuratezza di misura migliore del 0.5% del fondo scala.

Il corpo cella dovrà essere in acciaio inox o adeguatamente protetto contro fenomeni di ossidazione e corrosivi.

### 3.5.1 Modalità d'installazione

Le celle vanno inserite nel punto di rilevamento del carico ponendo particolare cura affinché le due superfici d'appoggio della cella risultino piane e non deformabili, così che il carico sia trasferito correttamente alla cella.


La superficie di contatto cella – piastra di ripartizione deve essere perfettamente piana e per garantire una sufficiente rigidità è necessario che la cella di carico appoggi su una piastra d'acciaio di spessore opportuno e di diametro superiore a quello della cella.

Analogamente, sull'altra superficie della cella, per le stesse ragioni, viene installata una piastra di acciaio che garantisca una migliore ripartizione del carico.

Lo strumento sarà installato con la seguente procedura:

spianare e lisciare la superficie di contatto all'interno del foro predisposto per il tirante da strumentare;

- appoggiare la cella di carico alla superficie predisposta, collegare il cavo strumentale al pannello di centralizzazione e installare la piastra di distribuzione;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- iniziare le operazioni di tesatura del tirante, valutando subito l'opportunità di regolarne la posizione onde garantire la perfetta planarità della cella e conseguentemente la perfetta distribuzione del carico; tale operazione sarà eseguita controllando i valori elettrici restituiti dalla cella;
- procedere con la messa in carico fino al valore di progetto.

In aggiunta alle suddette celle di carico, andrà installata una cella termometrica, per la misura delle variazioni di temperatura dell'aria.

### 3.5.2 Frequenza rilevamenti

Le celle di carico sono lette in automatico e quindi permettono l'acquisizione con cadenza costante e frequente.

In particolare si dovrà predisporre il sistema di acquisizione dati con letture almeno orarie fino al completamento degli scavi. Completati gli scavi il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- 1 lettura giornaliera per il primo mese dal completamento dello scavo;
- 1 lettura settimanale fino al termine dei lavori.

Contemporaneamente alle letture dei carichi si dovranno eseguire le misure con cella termometrica.

Al termine dell'opera potranno essere previste ulteriori letture a cadenza trimestrale finché possano essere ritenuti nulli gli spostamenti registrati.

### 3.5.3 Restituzione dati

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di carico rispetto al tempo;
- Variazioni di carico rispetto alla temperatura.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
PARATIA ASSE D DA PK 1+944 A PK 2+045 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0636_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 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 D da pk 1+944 a pk 2+045 - relazione tecnico-descrittiva dell'opera	-	CG0700	P	RG	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	20
Paratia asse D da pk 1+944 a pk 2+045 - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera	-	CG0700	P	SH	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	24
Paratia asse D da pk 1+944 a pk 2+045 - planimetria di progetto	1:500	CG0700	P	P8	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	24
Paratia asse D da pk 1+944 a pk 2+045 - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche		CG0700	P	CL	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	17
Paratia asse D da pk 1+944 a pk 2+045 - pianta e prospetto	1:200	CG0700	P	P9	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	26
Paratia asse D da pk 1+944 a pk 2+045 - sezioni	1:200	CG0700	P	W9	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	17
Paratia asse D da pk 1+944 a pk 2+045 - sezioni tipo	1:50	CG0700	P	WB	D	C	SC	00	G0	00	00	00	00	08