



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> COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p><i>Tipo di sistema</i> INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> GENERALE</p> <p><i>Titolo del documento</i> MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA</p>		SS0532_F0
---	--	-----------

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 9	F0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESIZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_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.....	5
1.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA'	7
2 FASI COSTRUTTIVE.....	10
3 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA ED IN ESERCIZIO	10
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.....	12

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+224 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_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 muro a sostegno della viabilità della Rampa 1, in area Piazzale di esazione, ubicato tra le progressive pk 0+100 e 0+226, in adiacenza alla cabina elettrica a servizio dell'infrastruttura autostradale.

L'opera in oggetto è costituita muri prefabbricati, rivestiti in pietrame, di altezza in elevazione variabile tra 3m e 8,5m circa. Le fondazioni, di dimensioni variabili in funzione dell'altezza del pannello prefabbricato, risultano in c.a. gettate in opera.

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

Nell'area in esame i terreni di fondazione sono costituiti principalmente dalla formazione delle sabbie e ghiaie di Messina.

1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

Il muro di sostegno in oggetto si trova nella tratta tra le progressive 99.72km e 225.87km della Rampa 1 in area Piazzale di esazione.

Il muro, di altezza variabile tra 3m e 8,5m circa, è costituito da elementi modulari prefabbricati di larghezza 2.50 m con due nervature di irrigidimento a tergo del paramento verticale.

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_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

La litologia prevalente è costituita dalla formazione delle Depositi Terrazzati Marini. I Depositi 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, come si evince dagli elaborati di progetto:

Codice	Titolo del documento
CG0800PRBDSSBC8G000000001	Relazione geotecnica generale versante Sicilia
CG0800PRGDSSBC6G000000003	Relazione idrogeologica
CG0800PN5DSSBC6G000000009 -10-11-12	Carta idrogeologica versante Sicilia
CG0800PF6DSSBC6ST000000001- 02-03-04-05-21-22-23-24	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Reggio Calabria
CG0800PF6DSSBC6ST000000011- 12-13-14-15-25-26-27-28	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione 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. CG0800PRBDSSBC8G000000001C)
- "Relazione sismica generale" (cod. CG0800PRGDSSBC8G000000001C)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+224 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- "Profili geotecnici" (cod. CG0800PFZDCSBC8ST00000001C, 02C, 03C, 04C, 05C, 06C, 07C, 08C, 09C, 10C, 11C, 12C, 13B, 14A, 15A).

Data l'esiguità delle prove, si è scelto di tenere conto anche delle prove effettuate nei sondaggi utilizzati per caratterizzare la zona dell'ancoraggio della tratta stradale e ferroviaria da 0 ad 1+0 km. I sondaggi di riferimento per la presente tratta sono S9 (campagna del 1984), S13 (campagna del 1987), AS-BH4, SPT8-AS, DMT1-AS, DMT2-AS (campagna del 1988), S102pz, S103pz e S104pz (campagna del 1992), SPPS00 e SPPS09 (campagna del 2002), S407,S408,S408bis, S409, S409bis, S411, ASLPT2508, ASCH1501, ASLPT3503, ASLPT3506, ASCH1504 (campagna del 2010).

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

- Prove granulometriche (sondaggio S411, da PE101 a PE109) ;
- SPT (sondaggio S409) ;
- 1 prova Down Hole (sondaggio ASCH1504) ;
- 1 prova dilatometrica (DMT2-AS).

In presenza di un esiguo numero di indagini locali per le caratteristiche granulometriche si fa riferimento alla caratterizzazione generale:

- Il valore di D_{50} è pari a 0.8 mm
- Il valore di D_{60} è pari a 2 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.01 mm

Le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo e argilla sono rispettivamente di 39%, 45%, 12% e 8%. Il peso di volume dei grani medio γ_s è risultato pari a circa 26 kN/m³.

Per quanto concerne stato iniziale e parametri di resistenza si ha:

- **Dr:** I valori di N_{spt} sono stati corretti con il fattore correttivo $C_{sg}=0.75$ corrispondente al $d_{50}=0.8mm$,
- **e_o :** a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{max}-e_{min}$ pari a 0.36 stimando per e_{max} un valore pari a 0.8 a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. Si ottiene il valore di e_o pari a 0.5-0.7.
- **γ_d :** si ottiene un pari a 17-19 KN/m³.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- K_0 : si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Sabbie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_0
0-10	60-80	38-40	35-37	0.4-0.35

Come parametri operativi per l'angolo d'attrito si utilizzerà $\phi' = 38$.

Per i parametri di deformabilità non si hanno localmente a disposizione prove sismiche dalle quali ricavare leVs, e di conseguenza i parametri di deformabilità. Il range di variazione ottenuto in base alle correlazioni dalle prove SPT della tratta per il modulo G_0 , per z che varia da 2 a 10 metri, è :

$$G_0 \approx 20 \div 100 \text{ MPa}$$

$$E_0 \approx 50 \div 250 \text{ MPa}$$

$$E' \approx 10 \div 20 / 40 \div 80 \text{ MPa (da 2 a 10 metri)}$$

Quest'ultimo range è relativo rispettivamente ad $1/10 \div 1/5 E_0$ ed ad $1/3 E_0$ corrispondenti rispettivamente a medie-grandi deformazioni ed a piccole deformazioni.

La tabella seguente riassume i parametri adottati nei calcoli in esame.

livello	γ (kN/m ³)	ϕ_k (°)	c'_k (kPa)	c_{u-k} (kPa)	E (MPa)
Rilevato	20	38	0	-	-
Depositi Terrazzati Marini	18	38	0	-	15

Data l'esiguità di indagini che raggiungano i primi 30 m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo, alla zona in esame si assegna cautelativamente la categoria di suolo sismico (secondo N.T.C. 2008) di classe **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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+224 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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° 16' 3.85" N
Long.	15° 36' 49.37" E

a_{g-SLV}	0.405
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 amplificazioni del moto del suolo dovute a effetti stratigrafici e/o topografici. La categoria di suolo prevista è C, mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m; si ottengono quindi questi valori di a_{max} :

S_{S-SLV}	1.095
S_{S-SLD}	1.477
S_T	1
$a_{max-SLV}$	$a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.443$
$a_{max-SLD}$	$a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.232$

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

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

dove β_m è il coefficiente che porta in conto la riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito a causa della deformabilità dell'opera. La normativa specifica di ricavare il valore di tale coefficiente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

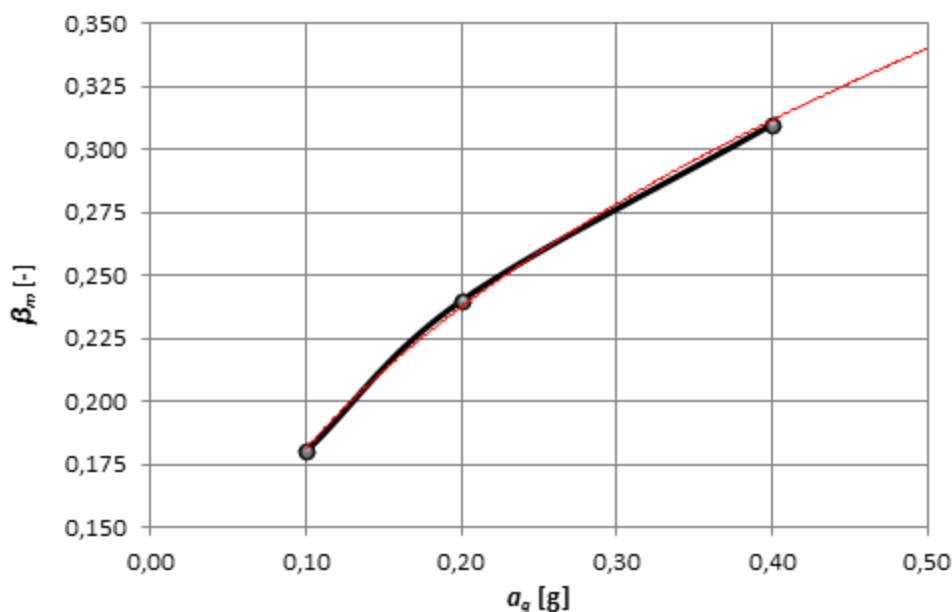


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_m .

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

Per SLD risulta: $\beta_m = 0.24$

Per le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera si presenta lo stesso problema, in quanto anche in questo caso il valore del coefficiente β_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'estrapolazione si è ottenuto il grafico sottostante:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+224 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

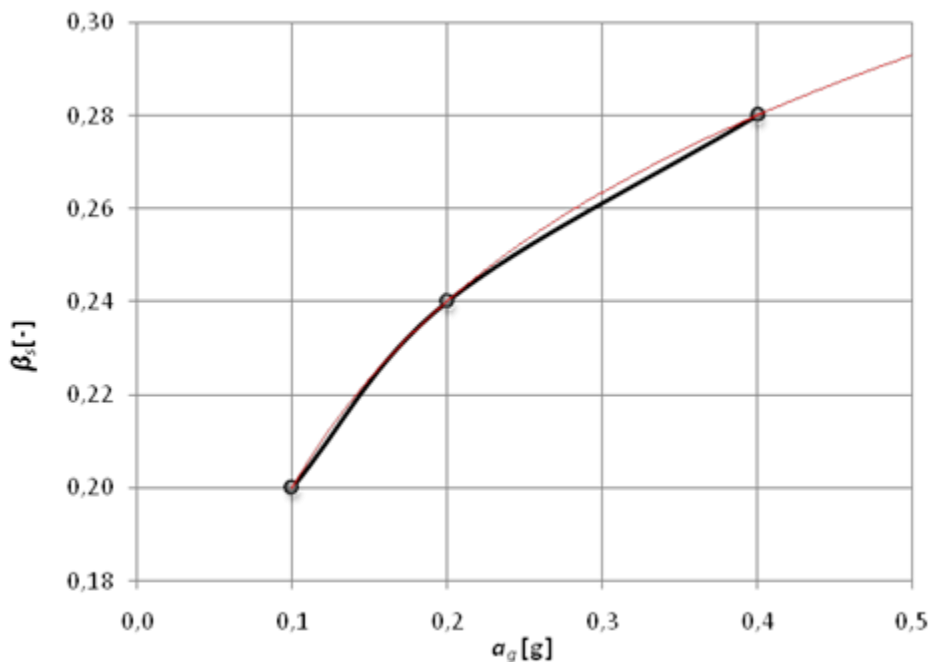


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_s .

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.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+226 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

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

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

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

3.1 MISURE TOPOGRAFICHE

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

3.1.1 Modalità d'installazione

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

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

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

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzata la prima livellazione topografica di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). Il caposaldo di riferimento dovrà essere in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO P. ESAZIONE ASSE S1 DA PK 0+100 A PK 0+224 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0532_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

posizione tale per cui eventuali cedimenti siano minimi e controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

3.1.2 Sistema di acquisizione dati

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

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

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

3.1.3 Frequenza dei rilevamenti

I riferimenti topografici andranno letti:

Muro:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;

Berme:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;

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

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

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

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

4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

MURO SOSTEGNO P. ESIAZIONE ASSE S1
DA PK 0+100 A PK 0+226
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA

Codice documento
SS0532_F0.docx

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
F0	20/06/2011

Descrizione/oggetto elaborato	Scala	Codice elaborato											
Muro sostegno P. Esazione asse S1 da pk 0+100 a pk 0+226 - relazione tecnico-descrittiva dell'opera	-	CG0700	P	RG	D	S	SC	00	G0	00	00	00	19
Muro sostegno P. Esazione asse S1 da pk 0+100 a pk 0+226 - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera		CG0700	P	SH	D	S	SC	00	G0	00	00	00	18
Muro sostegno P. Esazione asse S1 da pk 0+100 a pk 0+226 - planimetria di progetto	1:500	CG0700	P	P8	D	S	SC	00	G0	00	00	00	36
Muro sostegno P. Esazione asse S1 da pk 0+100 a pk 0+226 - pianta e sezioni tipo	Varie	CG0700	P	PZ	D	S	SC	00	G0	00	00	00	18
Muro sostegno P. Esazione asse S1 da pk 0+100 a pk 0+226 - prospetto e sezioni	1:200	CG0700	P	PZ	D	S	SC	00	G0	00	00	00	19
Muro sostegno P. Esazione asse S1 da pk 0+100 a pk 0+226 - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche	-	CG0700	P	CL	D	S	SC	00	G0	00	00	00	18