

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>
--	--	---	--

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI SICILIA	SS0512_F0
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE	
<i>Titolo del documento</i>	MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C – 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	2	1	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 VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_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'		10
2 FASI COSTRUTTIVE.....		13
3 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA ED IN ESERCIZIO		14
3.1 MISURE TOPOGRAFICHE		14
3.1.1 Modalità d'installazione.....		14
3.1.2 Sistema di acquisizione dati.....		15
3.1.3 Frequenza dei rilevamenti.....		15
4 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....		16

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

PREMESSA

1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA E DEL LUOGO

Nell'ambito del progetto del ponte sullo stretto di Messina, lato Sicilia, è prevista la realizzazione di un tratto di muro di sottoscarpa del rilevato della Viabilità Panoramica ubicato tra le progressive pk 0+453 dell'Asse B e pk 0+012 dell'Asse C. L'opera in oggetto è costituita da un muro in c.a. gettato in opera di altezza variabile tra 2,3m e 5,7m, a sostegno di un terrapieno avente inclinazione delle scarpate pari a 4/7 (circa 29°).

I muri sono suddivisi in muri su fondazioni superficiali con taglione di altezza 2m e spessore 1,2m per muri con altezza fino a 3m e in muri su fondazioni di tipo profondo costituite da diaframmi in c.a., realizzati con benna mordente, di dimensioni 1.2m x 2.5m, altezza 8m e disposti a passo 3.6m. 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 da depositi costieri e dalla formazione delle sabbie e ghiaie di Messina.

1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

Il muro di sottoscarpa in oggetto si trova nella tratta tra le progressive pk 0+453 dell'Asse B e pk 0+012 dell'Asse C.

La tabella seguente riassume le caratteristiche strutturali delle sezioni di calcolo considerate.

Sezione tipo	H _{max-elevaz} (m)	S _{elev} (m)	S _{fond} (m)	B _{fond} (m)	D _{ant} (m)	D _{post} (m)	Tipologia Fondazione
Muro H=3m	3	0,3÷0,6	1	4.0	1.7	1.7	diretta con taglione
Muro H=5m	5	0,3÷0,8	1	4.5	2	1.7	indiretta su diaframmi H=8m
Muro H=6m	6	0,3÷0,9	1	4.5	2	1.6	indiretta su diaframmi H=8m

dove S_{elev} e S_{fond} rappresentano gli spessori rispettivamente dell'elevazione e della fondazione,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

mentre B_{fond} , D_{ant} e D_{post} rispettivamente la base, il dente anteriore e quello posteriore della fondazione.

1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Le litologie presenti sono i Depositi Costieri e le Sabbie e Ghiaie di Messina.

La formazione dei Depositi costieri è invece caratterizzata da ghiaie e da sabbie a grana da media a grossolana. L'età dei depositi è Olocene.

La formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina viene granulometricamente descritta come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

Si rilevano strati di ghiaie cementate, come si evidenzia nei rilievi effettuati nelle aree di imbocco della galleria stradale Faro Superiore; in questi rilievi la ghiaia si presenta più o meno debolmente cementata e molto addensata. Lo scheletro si presenta costituito da ghiaie e ciottoli eterometrici arrotondati ed appiattiti.

Per le informazioni più specifiche pertinenti gli studi geologici-geomorfologici, dai quali è stata definita la caratterizzazione geotecnica e geologica, si rimanda agli elaborati relativi alla geologia ed alla geotecnica presenti negli studi di base (Componente di progetto 8 per la Calabria e 36 per la Sicilia).

1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Gli elaborati di riferimento utilizzati per la caratterizzazione geotecnica sono:

- “Relazione Geotecnica Generale” (cod. CG0800PRBDSSCB8G000000001C)
- “Relazione sismica generale” (cod. CG0800PRGDCSBC8G000000001C)
- “Profili geotecnici” (cod. CG0800PFZDCSBC8ST000000001C, 02C, 03C, 04C, 05C, 06C, 07C, 08C, 09C, 10C, 11C, 12C, 13B, 14A, 15A).

Data l'esiguità delle prove localmente presenti (S407), si è scelto di tenere conto anche delle prove effettuate nei sondaggi utilizzati per caratterizzare la zona in corrispondenza del Viadotto Pantano e della tratta stradale e ferroviaria da 0 ad 1+0 km. I sondaggi di riferimento per la presente tratta sono S407, VPCH1502, VPSPT504, VPCH1505, VPSPT507, VPSPT508, VPSPT513 e VPSPT514 (campagna del 2010). Non ci sono localmente indagini per caratterizzare la categoria sismica di suolo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Depositi costieri:

I sondaggi di riferimento per la presente tratta sono S407, SRA1, SRA2, SRA3, VPCH1502, VPSPT504, VPCH1505, VPSPT507, VPSPT508, VPSPT513 e VPSPT514 (campagna del 2010).

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

- Prove granulometriche (sondaggio VPSPT509) ;
- Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche (sondaggi VPCH1502, VPSPT504) ;
- Prove SPT (sondaggi VPCH1502, VPSPT504, VPCH1505, VPSPT507, VPSPT508, VPSPT513) ;
- 2 prove Cross Hole (sondaggi VPCH1502 e VPCH1505) ;
- 3 prove sismiche a rifrazione locale (SRA1, SRA2, SRA3).

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G00000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

In questa tratta la formazione si presenta, dalle prove SPT analizzate, in egual misura composta da sabbie e ghiaie con densità relative che sembrerebbero diminuire con la profondità mostrando uno stato di addensamento medio.

Con riferimento al fuso medio si ha che: $d_{50}=5\text{mm}$, $d_{60}=8\text{mm}$ e $d_{10}=0.1\text{mm}$. Le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 67%, 28%, 6%.

Il peso di volume dei grani γ_s è risultato pari a circa 27kN/m^3 .

In base a dati di letteratura il valore di $\gamma_{d\max}$ risulterebbe mediamente pari a circa 18.7 KN/m^3 mentre $\gamma_{d\min}$ mediamente pari a circa 15 KN/m^3 .

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

- **Dr:** I valori di N_{spt} sono stati corretti con il fattore correttivo $C_{\text{sg}}=0.35$ corrispondente al $d_{50}=5\text{mm}$
- **e_o :** A partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{\max}-e_{\min}$ pari a 0.25, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{\max}-e_{\min} < 0.29$) Stimando per e_{\max} un valore pari a 0.5 a partire dai valori di Dr è stato possibile determinare i valori di e_o in sito. Il valore di e_o determinato con le correlazioni di Foti et al. risulta piuttosto basso, pari mediamente a 0.15-0.2 diverso da quello determinato dalle densità relative Dr che risulta mediamente pari a 0.4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- γ : in base alla correlazione di Foti et. Al. Si ottiene un valore piuttosto alto e mediamente pari a 23 -24 KN/m³
- K_0 : si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K_0
0-50	20-40	37-38	33-35	0.4

Si sono assunti i materiali normalmente consolidati. Come parametri operativi per l'angolo d'attrito si utilizzerà $\phi' = 37$.

Per quanto riguarda i parametri di deformabilità, dalle prove sismiche in foro si ottengono valori di V_s che solo in alcuni casi mostrano una debole tendenza all'aumento con la profondità con valori molto bassi che vanno mediamente da 150÷200 m/s a 400 m/s fino ad una profondità variabile fra 45m e 60m dove si suppone si trovi il contatto con le sottostanti Sabbie e Ghiaie di Messina.

I valori di V_s (anche minori di 200m/s) riscontrati soprattutto nelle sismiche VPCH1502 ed VPCH1505 sono molto basse, confermate da bassi valori di N_{160} .

Non è escluso che tale evidenza si riferisca a possibili fenomeni di disturbo del terreno durante l'esecuzione del sondaggio (terreni costituiti anche da sabbie fini limose sotto falda) o ad una non ottimale cementazione del foro per la prova cross hole.

Il contatto con le sottostanti Sabbie e Ghiaie di Messina non è quindi facilmente individuabile e può ritenersi collocabile fra i 40 e gli 60m di profondità.

I valori di G_0 hanno un andamento con la profondità, fino a 50m, molto variabile a seconda della verticale indagata (VPCH1502÷VPCH1505).

Una stima risulta pari a:

$$G_o = 13 \cdot (z)^{0.45}$$

Una stima dei moduli è riportata nella tabella seguente.

Z(m)	G_0(MPa)	E_0(MPa)	E'(MPa)
0-50	$G_o = 13 \cdot (z)^{0.45}$	$E_o = 31 \cdot (z)^{0.45}$	$E = (4 \div 10) \cdot (z)^{0.45}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I moduli di Young “operativi” E’ a medie deformazioni, valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari rispettivamente a circa $1/10 \div 1/5$ ed a $1/3$ di quelli iniziali.

Sabbie e Ghiaie di Messina

- Prove granulometriche (sondaggio SPPS00 e SPPS09) ;
- SPT (sondaggi S9, S408, S409, S409bis, S411, SPPS00 ,SPPS09, ASLPT2508, ASCH1501, ASLPT3503, ASLPT3506, ASCH1504, SPT8-AS, S102pz,S103pz, S104pz) ;
- prove sismiche in foro (S408, SPPS00, SPPS02, S108pz, BH4-AS, ASCH1504, ASCH1501) ;
- prove pressiometriche (sondaggi S409);
- prove dilatometriche (S408, DMT1-AS, DMT2-AS) ;
- 6 prove Le Franc (sondaggi S408, S409).

In questa tratta la formazione si presenta, dalle prove SPT analizzate, in egual misura composta da sabbie e ghiaie con densità relative che sembrerebbero diminuire con la profondità mostrando uno stato di addensamento medio.

Con riferimento al fuso medio (155 prove granulometriche) si ha che: $d_{50}=2.2\text{mm}$, $d_{60}=4\text{mm}$ e $d_{10}=0.03\text{mm}$. Le percentuali medie di ghiaia, sabbia e limo sono rispettivamente di 51%, 36%, 11%.

- **Dr**: I valori di N_{spt} sono stati corretti con il fattore correttivo $C_{\text{sg}}=0.55$ corrispondente al $d_{50}=2.2\text{mm}$
- **e_o**: a partire dal d_{50} stimato si ottiene di $e_{\text{max}}-e_{\text{min}}$ pari a 0.26, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ($0.17 < e_{\text{max}}-e_{\text{min}} < 0.29$) Stimando per e_{max} un valore pari a 0.7 a partire dai valori di D_r è stato possibile determinare i valori di **e_o** in sito.
- γ_d : in base a tali valori di **e_o** e da γ_s si può stimare $\gamma_d = 18-20\text{KN/m}^3$
- **K₀**: si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di “aging”.

I primi 20 m sembrerebbero maggiormente addensati soprattutto nella porzione sabbio-ghiaiosa, probabilmente a causa dell’influenza del grado di sovraconsolidazione che ha caratterizzato alcune zone erose e/o del debole grado di cementazione.

Per i parametri di resistenza si ha:

z(m)	Dr(%)	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)	K₀
-------------	--------------	--	------------------------------------	----------------------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		Codice documento SS0512_F0.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

	sabbie e ghiaie			
0-20	40-70	38-42	33-35	0.45-0.5
>20	35-60	37-39	33-35	0.45-0.5

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

I parametri di deformabilità ricavabili dall'interpretazione delle prove sismiche in foro presentano una grande dispersione anche nell'ambito del medesimo contesto (da 300m/s ad oltre 800m/s).

Valori generalmente crescenti con la profondità si sono registrati nelle sismiche in foro ASCH1504 e ASCH1501 che comunque hanno evidenziato valori localmente molto variabili, non sempre correlabili, in base ai dati ricavabili dalle colonne stratigrafiche, con la variazione granulometrica; ad esempio nei primi 15m÷20m le Vs appaiono maggiori di quelle misurate fino a 30-35m di profondità, e risultano mediamente pari a circa 400m/s, in analogia a quanto rilevabile dai maggiori valori di densità relativa.

La variabilità locale rende una correlazione delle Vs sismiche con quelle ricavate dalle correlazioni di prove SPT alquanto difficoltosa; si ottiene comunque una buona correlazione con i valori medi o minimi delle Vs sismiche (tranne che nel caso della sismica ASCH1504) per profondità tra 20 e 50m. Una stima dei moduli, considerando anche l'esito delle prove sismiche è riportata in tabella.

z(m)	G_0 (MPa)	E_0 (MPa)	E' (MPa)
0-20	200-400	480-960	65-160 / 128-320
20-50	$G_0 = 25 z^{0.64}$	$E_0 = 60 z^{0.64}$	$9-23 z^{0.64}$

Le prove pressiometriche forniscono valori molto discordanti (S408, ramo di scarico e ricarico, $E' = 170$ MPa e 300 MPa a 26 e a 34m di profondità e circa 400MPa in S409 contro il range 30-100 MPa nelle dilatometriche DMT1AS e DMT2AS) .

Nel seguito si farà costante riferimento a quanto riportato nei documenti Geologici, dei quali si riportano le tabelle riassuntive.

livello	sp. (m da intradosso fondazione)	γ (kN/m ³)	ϕ_k (°)	c'_k (kPa)	c_{u-k} (kPa)	E (MPa)
Rilevato	-	20	38	0	-	-
Depositi costieri	0 ÷ 4	20	37	0	-	$E' = (4)z^{0.45}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sabbie e Ghiaie di Messina	-	19	38	0	-	65
----------------------------	---	----	----	---	---	----

dove:

γ	peso di volume
c'	coesione drenata
ϕ' [°]	angolo di attrito efficace
E	modulo elastico di Young

La falda in versante risulta profonda e non interferente con le opere in oggetto, 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
CG0800PF6DSSBC6ST00000001- 02-03-04-05-21-22-23-24	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Reggio Calabria
CG0800PF6DSSBC6ST00000011- 12-13-14-15-25-26-27-28	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Direzione Messina

Considerando indagini più lontane la classe sismica del sottosuolo risulta pari a **C** (sondaggi VPCH1502, VPCH1505, VPSPT507, VPSPT513).

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<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: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">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						

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' 0.29" N
Long.	15° 37' 38,81" E
a_{g-SLV}	0.408
a_{g-SLD}	0.159

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 (V_{s30} variabile da 75 a 400 m/s secondo quanto evidenziato dalle indagini richiamate nel precedente capitolo), 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}	1.090
S_{S-SLD}	1.474
S_T	1
$a_{max-SLV}$	$a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.445$
$a_{max-SLD}$	$a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.234$

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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tabella, ottenendo il grafico sottostante:

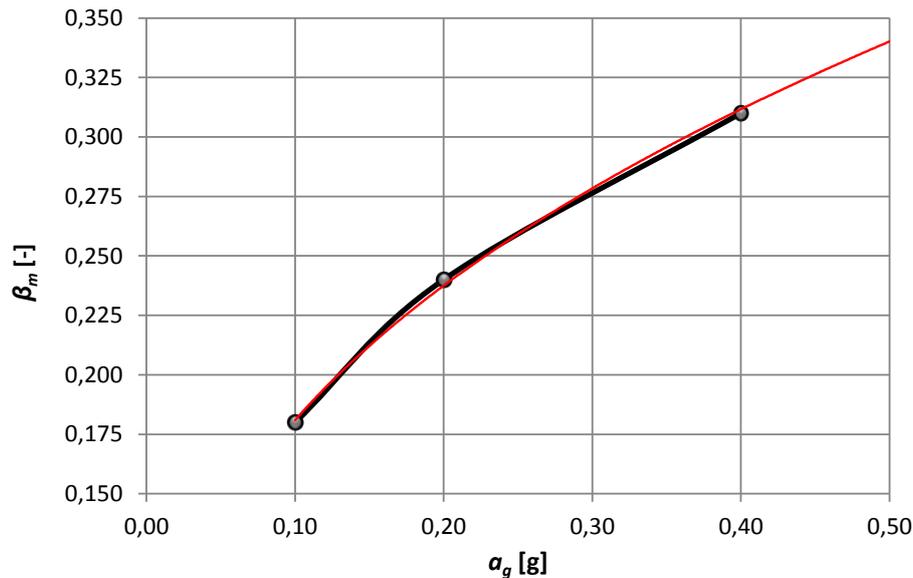


Figura 1: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_m .

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_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'estrapolazione si è ottenuto il grafico sottostante:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<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>F0</td> <td>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						

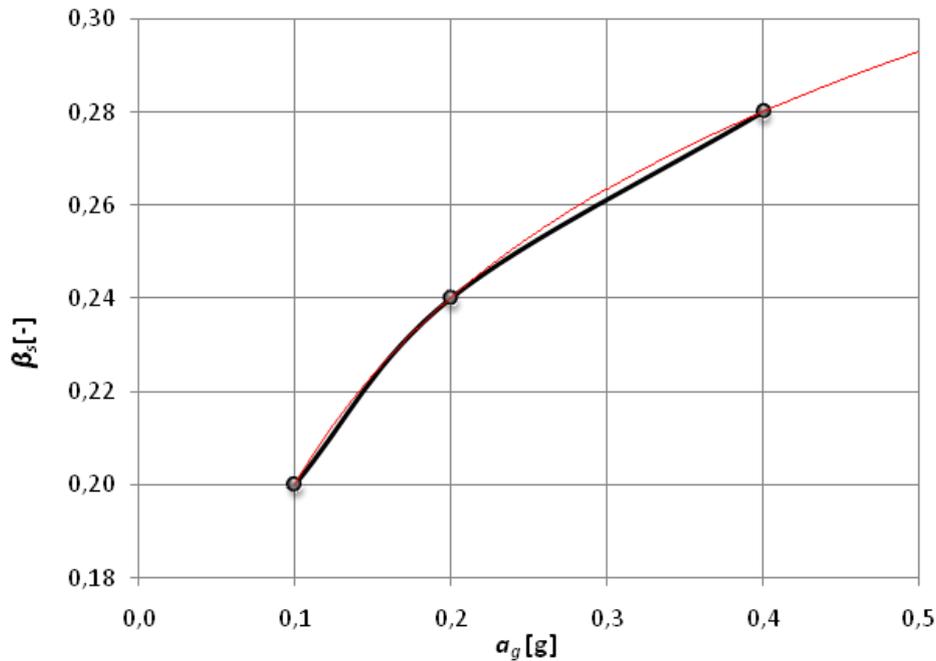


Figura 2: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_s .

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:

- sbancamento per raggiungere la quota di imposta della fondazione;
- realizzazione dei diaframmi o del taglione;
- getto in c.a. della fondazione con adeguati ferri di ripresa per la successiva solidarizzazione con l'elevazione;
- getto in c.a. dell'elevazione;
- riempimento a tergo del muro con inclinazione 4/7 (cioè circa 29°).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

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

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

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

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

3.1 MISURE TOPOGRAFICHE

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

3.1.1 Modalità d'installazione

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzata la prima livellazione topografica di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). Il caposaldo di riferimento dovrà essere in posizione tale per cui eventuali cedimenti siano minimi e controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

3.1.2 Sistema di acquisizione dati

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

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

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

3.1.3 Frequenza dei rilevamenti

I riferimenti topografici andranno letti:

Muro:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;

Berme:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;

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

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO VIAB. PANORAMICA DA PK 0+453 ASSE B A PK 0+012 ASSE C - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA		<i>Codice documento</i> SS0512_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

principali lavorazioni previste.

4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Descrizione/oggetto elaborato	Scala	Codice elaborato												
Muro sostegno Viab. Panoramica da pk 0+453 asse B a pk 0+012 asse C - relazione tecnico-descrittiva dell'opera	-	CG0700	P	RG	D	S	SC	00	G0	00	00	00	00	21
Muro sostegno Viab. Panoramica da pk 0+453 asse B a pk 0+012 asse C - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera		CG0700	P	SH	D	S	SC	00	G0	00	00	00	00	14
Muro sostegno Viab. Panoramica da pk 0+453 asse B a pk 0+012 asse C - planimetria di progetto	1:500	CG0700	P	P8	D	S	SC	00	G0	00	00	00	00	32
Muro sostegno Viab. Panoramica da pk 0+453 asse B a pk 0+012 asse C - pianta, prospetto, sezioni e sezioni tipo	Varie	CG0700	P	PZ	D	S	SC	00	G0	00	00	00	00	14
Muro sostegno Viab. Panoramica da pk 0+453 asse B a pk 0+012 asse C - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche	-	CG0700	P	CL	D	S	SC	00	G0	00	00	00	00	09