



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 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 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> MURO SOSTEGNO ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL' OPERA</p>	<p>CS0666_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	3 1	F 0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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 ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> CS0666_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.....		8
1.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA'		9
2 FASI COSTRUTTIVE.....		12
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
4 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....		14

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<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 Calabria, è prevista la realizzazione di un tratto di muro a sostegno della rotonda Santa Trada, ubicato tra le progressive 36,38km e 87,66km.

L'opera in oggetto è costituita da un muro di sostegno in c.a. gettato in opera di altezza variabile tra 9,70m e 12,80m lungo 54,66m.

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 dei depositi marini terrazzati e dal materiale di riporto costituente i rilevati delle rampe.

1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

Il muro in analisi ha sviluppo di circa 54,7m e ha altezza dell'elevazione variabile tra 9,70m e 12,8m circa. Dato che l'altezza di 12,8m ricorre per quasi tutto lo sviluppo del muro, per il dimensionamento si fa riferimento alla seguente geometria:

- altezza di spinta $H_{spinta}=12,80m$.
- lunghezza ciabatta di fondazione del muro $d = 3m$
- spessore della fondazione $S_f=1,50m$

Il paramento di valle del muro è verticale, mentre quello di monte presenta un primo tratto verticale che si estende fino a 2.0m al di sotto del piano stradale, per poi assumere un'inclinazione rispetto alla verticale di circa 1/10; in testa al muro è presente un cordolo a sbalzo avente la funzione di sostenere la barriera di sicurezza. A causa dell'inclinazione del paramento di monte lo spessore del muro varia da un minimo (in corrispondenza del tratto verticale) di 50cm ad un massimo (alla base dell'elevazione) di 1.60m.

La seguente Figura riporta una sezione rappresentativa del muro; per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

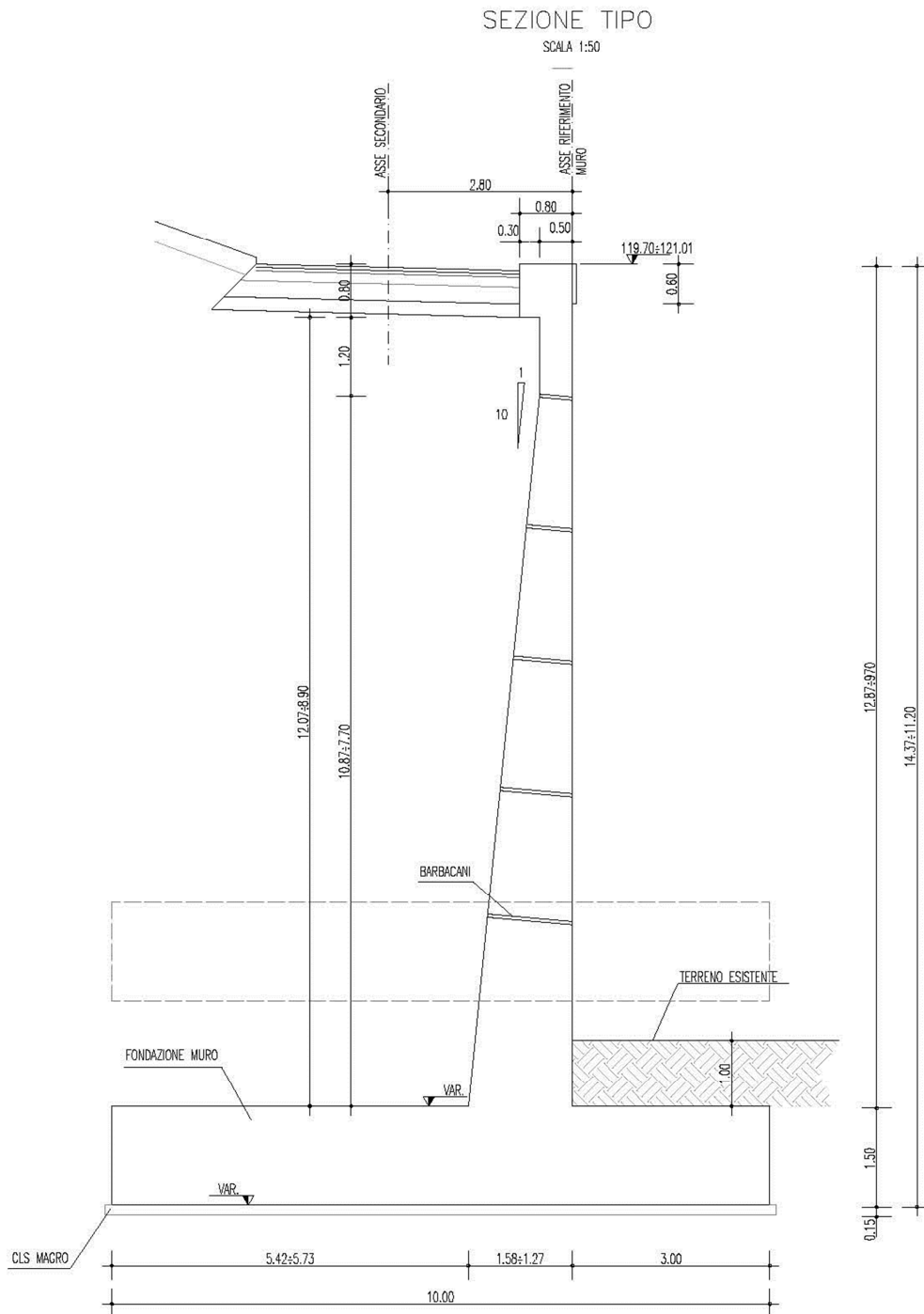


Figura 1: Sezione tipo muro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

La rotonda di Santa Trada è posizionata fuori dal limite di intervento del progetto del Ponte sullo Stretto di Messina, non si ha quindi a disposizione una descrizione dettagliata della geologia presente in sito.

Per definire la stratigrafia di progetto si è fatto riferimento alla geologia definita per la progettazione dell'adeguamento dell'autostrada Salerno – Reggio Calabria (D.G. 87) che comprendeva la zona di Santa Trada. I materiali presenti in sito in corrispondenza della rotonda S. Trada, nel DG 87, sono stati definiti come Depositi Continentali.

Le geologie definite dai due progetti, D.G. 87 e progetto del Ponte sullo Stretto, sono state messe a confronto, evidenziando che il materiale definito come Depositi Continentali nel D.G. 87, corrisponde sia in termini di disposizione spaziale (si vedano le figure sottostanti), sia in termini di descrizione ai Depositi Terrazzati Marini del progetto del Ponte. Per la progettazione dell'opera di sostegno studiata nella presente relazione si è fatto quindi riferimento alle caratteristiche tipiche dei Depositi Terrazzati Marini già definite per le paratie dell'asse A che sono le opere più vicine al muro in oggetto. Tali caratteristiche vengono riportate di seguito.

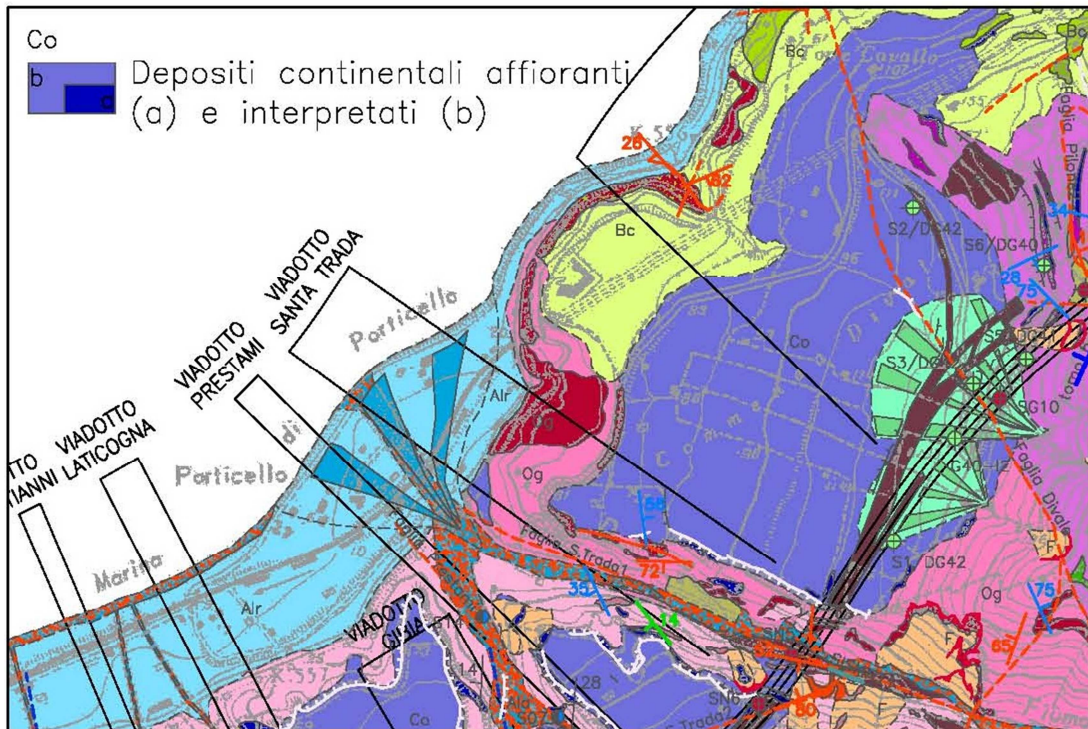


Figura 2 Planimetria geologica del progetto del D.G. 87

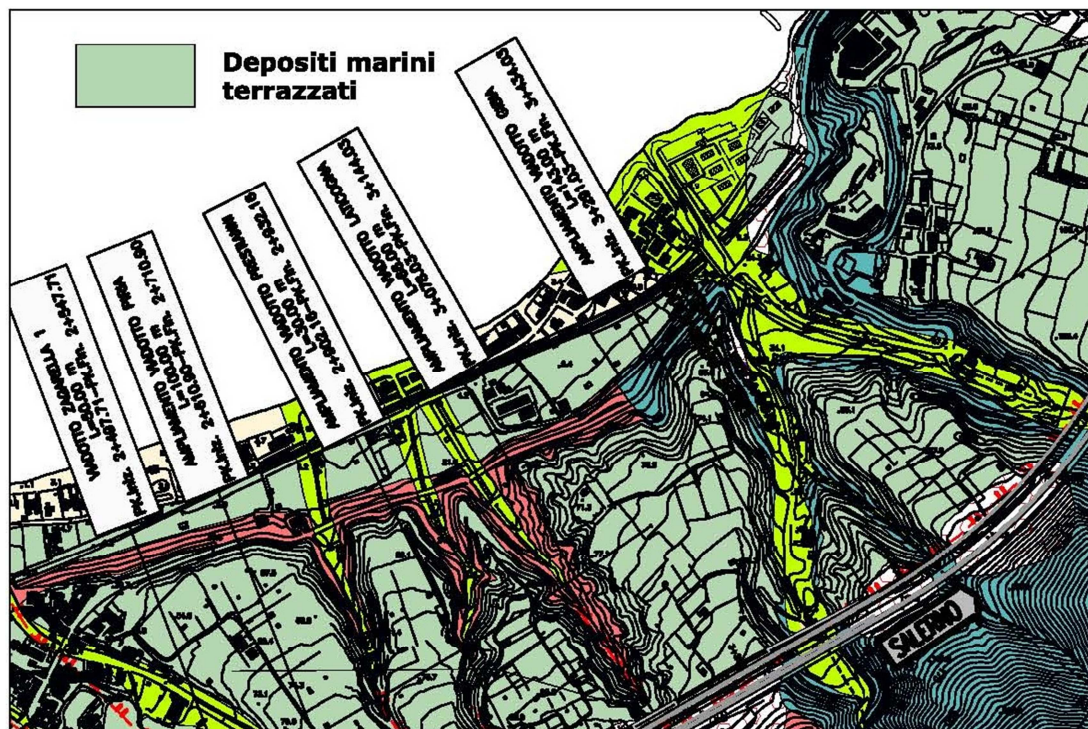


Figura 3 Planimetria geologica del progetto del Ponte sullo Stretto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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, 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
CG0800PF6DCSBC6ST000000001 CG0800PF6DCSBC6ST000000025	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo A
CG0800PF6DCSBC6ST000000019	Profilo geologico-geotecnico Tracciato stradale - Ramo A Accelerazione

1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In corrispondenza dell'opera la stratigrafia è ipotizzata omogenea, in particolare si assume che sia costituita dalla formazione di depositi marini terrazzati. Si riportano i parametri geotecnici caratteristici assunti nei calcoli per tale formazione:

Materiale	γ_n [kN/m ³]	c'_k [kPa]	ϕ'_k [°]
Depositi marini terrazzati	18	0	38

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

dove:

γ_n = peso di volume naturale

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di attrito efficace

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le caratteristiche del materiale a monte del muro sono riportate nella tabella sottostante.

Materiale	γ_n [kN/m³]	c'_k [kPa]	ϕ'_k [°]
Materiale da rilevato	20	0	38

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

dove i simboli assumono il significato specificato sopra.

Si ipotizza che la falda non sia interferente con il muro in oggetto. Tale ipotesi si ritiene valida in quanto per le altre opere dell'asse A, ubicate in prossimità del muro qui studiato, la falda risultava non interferente.

1.4 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA'

L'azione sismica di progetto, desunta dal D.M. del 14/01/2008, deriva dalla pericolosità sismica di base del sito; in particolare, viene definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (a_g). Lo stato limite di servizio indagato è lo Stato Limite di Danno (SLD), lo stato limite ultimo indagato è lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Trattandosi di un'opera di sostegno di altezza superiore a 5m si sono considerate le seguenti condizioni vita nominale e classe d'uso:

Vita nominale della costruzione	100 anni
Classe d'uso della costruzione	IV
Coefficiente d'uso della costruzione c_u	2

Inserendo questi parametri e le coordinate geografiche dell'opera (riportate di seguito) nel programma Spettri di risposta ver. 1.0.3 distribuito dal Consiglio Superiore LL.PP si ottengono i valori di a_g da utilizzare nella progettazione:

Lat. | 38° 14' 38.94" N

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA		<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Long. | 15°40' 54.66" E

a_{g-SLV} | 0.433
 a_{g-SLD} | 0.170

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 (assunta a favore di sicurezza), corrispondente a “*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti*”, mentre la categoria topografica è T1 in quanto il rilievo considerato ha altezza inferiore a 30m; si ottengono quindi questi valori di a_{max} :

S_{S-SLV} | 1.051
 S_{S-SLD} | 1.459
 S_T | 1
 $a_{max-SLV}$ | $a_{g-SLV} \cdot S_S \cdot S_T = 0.455$
 $a_{max-SLD}$ | $a_{g-SLD} \cdot S_S \cdot S_T = 0.248$

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 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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

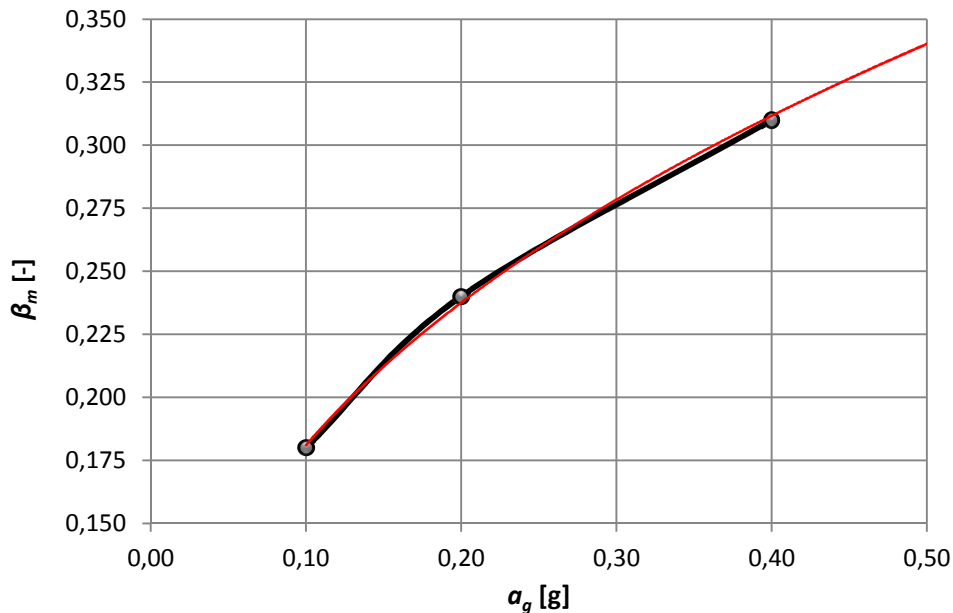


Figura 4: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_m .

Cautelativamente si è assunto $\beta_m = 0.35$.

Per le verifiche di stabilità globale dell'insieme terreno-opera si presenta lo stesso problema, in quanto anche in questo caso il valore del coefficiente 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 ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

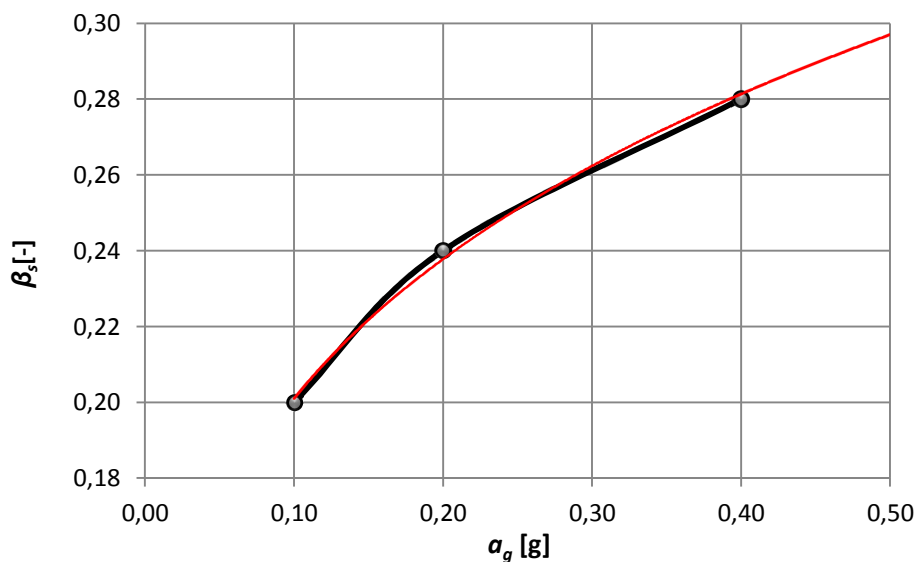


Figura 5: estrapolazione eseguita per ottenere il valore di β_s .

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:

1. sbancamento per raggiungere la quota di imposta della fondazione;
2. getto in c.a. della fondazione con adeguati ferri di ripresa per la successiva solidarizzazione con l'elevazione;
3. getto in c.a. dell'elevazione;
4. 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 ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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 principali lavorazioni previste.

4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO SOSTEGNO ROTONDA SANTA TRADA DA PK 0+036 A PK 0+087 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA	<i>Codice documento</i> CS0666_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Descrizione/oggetto elaborato	Scala	Codice elaborato											
Muro sostegno rotonda S. Trada da pk 0+036 a pk 0+087 - relazione tecnico-descrittiva dell'opera	-	CG0700	P	RG	D	C	SC	00	G0	00	00	00	31
Muro sostegno rotonda S. Trada da pk 0+036 a pk 0+087 - Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera		CG0700	P	SH	D	C	SC	00	G0	00	00	00	24
Muro sostegno rotonda S. Trada da pk 0+036 a pk 0+087 - planimetria, prospetto e sezioni	Varie	CG0700	P	PZ	D	C	SC	00	G0	00	00	00	07
Muro sostegno rotonda S. Trada da pk 0+036 a pk 0+087 - Relazione di calcolo e verifiche geotecniche	-	CG0700	P	CL	D	C	SC	00	G0	00	00	00	30