



# 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)

 IL PROGETTISTA Dott. Ing. F. Colla Ordine Ingegneri Milano n° 20355   Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408	IL CONTRAENTE GENERALE  Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)	STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)	STRETTO DI MESSINA  Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)
--	--	---	--

Unità Funzionale Tipo di sistema Raggruppamento di opere/attività Opera - tratto d'opera - parte d'opera Titolo del documento	COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA CENTRO DIREZIONALE OPERE CIVILI EDILI VIABILITÀ ACCESSO - ASSE 1-2 GALLERIA ARTIFICIALE DA PK 0+60.00 A PK 0+384.10 – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CD0233_F0</div>
---	---	--

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	X	D	C	C	D	1	C	V	A	0	0	0	0	0	0	2	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	R. CAFFARENA	G. SCIUTO	F. COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<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						

## INDICE

INDICE.....	3
PREMESSA.....	5
1. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	7
2. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	9
3. CARATTERISTICHE MATERIALI .....	9
4. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	15
4.1 CONCI DA 1 A 6.....	15
4.2 CONCIO 7 .....	18
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	21
5.1 RIPORTO ANTROPICO.....	24
5.2 SABBIE E GHIAIE DI MESSINA .....	24
5.3 CONGLOMERATO DI PEZZO .....	25
6. CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	27
7. CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO.....	33
8. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE .....	43
9. FASI COSTRUTTIVE .....	45
10. ANALISI DEI CARICHI.....	49
11. MODELLO DI CALCOLO.....	65
12. RISULTATI DI CALCOLO .....	93

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center"><b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b></p>		<p><i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente relazione riguarda l'analisi strutturale della Galleria Artificiale da realizzare sull'asse 1-2 tra la progressiva pK 0+60.00 e la progressiva 0+384.10.

L'opera in oggetto è inquadrata nel Progetto Definitivo del Ponte sullo Stretto di Messina, nell'ambito delle opere connesse ai collegamenti infrastrutturali, ferroviari e stradali lato Calabria.

L'opera è posta al di sotto della piazza e attraversa interamente il centro direzionale separando i corpi di fabbrica 1, 3 e 4 di monte dai copri di fabbrica 5,6,7,8 e 9 di valle.

Le diverse quote di progetto dei parcheggi interrati e i vincoli architettonici generali del progetto hanno motivato la scelta di diverse tipologie strutturali nell'ambito dell'opera stessa. Nel tratto, infatti, in cui è possibile effettuare lo sbancamento generale fino alla quota di imposta delle fondazioni (Conci da 1 a 6), la galleria verrà realizzata tramite uno scatolare in c.a. gettato in opera con impalcato costituito da travi in c.a.p. e soletta collaborante. Nel tratto finale, compreso tra le sezioni 15 e 20, la presenza dei parcheggi dei corpi di fabbrica 8 e 9, posti ad una quota inferiore, ha motivato l'adozione della tipologia a doppio diaframma collegato in testa da un impalcato in c.a.p. e solettone in c.a. al di sotto della sede stradale. In corrispondenza della sezione 17 l'opera intercetta il sottopasso pedonale che collega l'edificio del centro direzionale con i parcheggi.

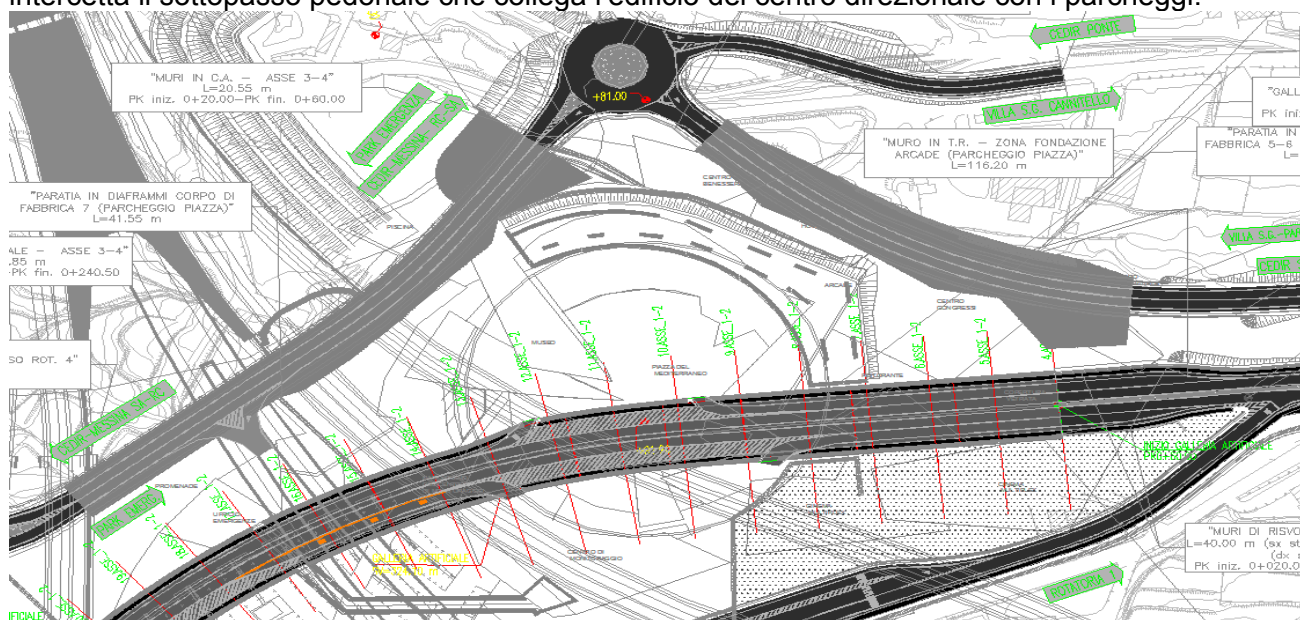






Figura1 - Stralcio planimetrico dell' opera

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center"><b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b></p>		<p><i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008, pubblicato su S.O. alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)
- [6] UNI-ENV 1991-3 Eurocodice 1, “Basi di calcolo ed azioni sulle strutture” Parte 3: Carico da traffico sui ponti.
- [7] UNI-ENV 1991-2-5 Eurocodice 1, “Basi di calcolo ed azioni sulle strutture” Parte 2-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche.
- [8] UNI ENV 1992-1-1,1-2,1-3,-3: “Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo”;
- [10] UNI ENV 1998-1-1,1-2,1-3,-5: “Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture”;
- [12] CNR-UNI 10018/85: “Apparecchi d'appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni. Istruzioni per il calcolo e l'impiego”;
- [13] UNI-ENV 206-1, “Calcestruzzo – Prestazioni, produzione, getto e criteri di conformità”.
- [14] UNI 11104, “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità” - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
- UNI ENV 1997: “Eurocodice 7. Progettazione geotecnica”

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center"><b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b></p>		<p><i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- CeAs paratie Plus 2010 - Manuali di riferimento
- Aicap – Ancoraggi nei terreni e nelle rocce: raccomandazioni (Maggio 1993)
- Joseph E.Bowles – Fondazioni: Progetto e analisi – McGraw-Hill
- V.Pane, C.Tamagnini – Analisi di diaframmi multiancoratii – Helvelius edizioni
- R.Jappelli – Principi di progettazione geotecnica – Helvelius edizioni
- G.Cusmano, G.Patri – La progettazione di opere edili nel sottosuolo – ilSole24ore
- M.Tanzini – Scavo meccanizzato – Dario Flaccovio Editore
- R.Lancellotta – Geotecnica – Zanichelli (1988)
- F.Zanghì – Analisi di opere di sostegno flessibili mediante la tecnica delle funzioni di trasferimento – Università di Messina (1998)
- F.Zanghì – ProCAP2010: Manuale di riferimento (Pro-gineer srl)
- E.Pozzo – Teoria e tecnica delle strutture – Pitagora Editrice (1999)
- M.P.Pietrangeli – progettazione e costruzione di ponti – Casa Editrice Ambrosiana (1996)

## 3. CARATTERISTICHE MATERIALI

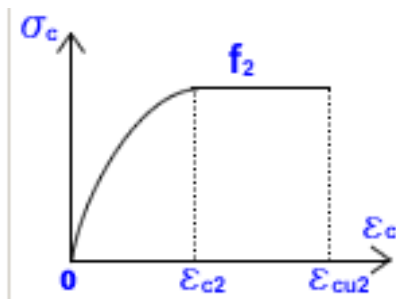
### CALCESTRUZZO PER DIAFRAMMI E TRAVI DI TESTA

Classe di resistenza	C25/30 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.55 -
Slump	S4 -
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di esposizione	XC2 -



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

### CALCESTRUZZO PER TRAVI IN CAP

Classe di resistenza	C45/55 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.45 -
Slump	S4 -
Diametro massimo inerte	20 mm
Classe di esposizione	XS1



Peso specifico	Ps		25.00	kN/mc
Classe di resistenza			<b>C45/55</b>	
Resistenza caratteristica cubica	Rck		55.00	Mpa
Resistenza caratteristica cilindrica	fck		45.00	Mpa
Resistenza media cilindrica a compressione	fcm		53.65	Mpa
Resistenza di progetto a compressione	fcd		25.87	Mpa
Resistenza caratteristica a trazione	fctk		2.68	Mpa
Resistenza di progetto a trazione	fctd		1.79	Mpa
Valore medio resist. a trazione semplice	fctm		3.83	Mpa
Valore medio resist. a trazione per flessione	fcfm		4.60	Mpa
			<b>36416.1</b>	
Modulo di elasticità longitudinale (a 28 gg)	Ecm		1	Mpa
Coefficiente parziale di sicurezza	gamma_c		1.50	
Coefficiente di Poisson	nu		0.20	
			<b>0.00001</b>	
Coefficiente di dilatazione termica	alpha		0	1/°C
Resistenza massima nel grafico parabola-rettangolo	f2		25.87	Mpa
Deformazione del calcestruzzo alla tensione di picco (parabola-rettangolo)	epsilon_c2		0.00200	
Deformazione ultima del calcestruzzo (parabola-rettangolo)	epsilon_cu2		0.00350	
Coefficiente parziale di viscosità	phi_v		3.10	
Coefficiente finale di ritiro per essiccamento	epsilon_cd(t)		-0.00023	
Coefficiente finale di ritiro autogeno	epsilon_ca(t)		-0.00008	
Tensione tangenziale di aderenza acciaio/cls	fbd		4.020	Mpa
Spessore fittizio medio	sf		11	cm

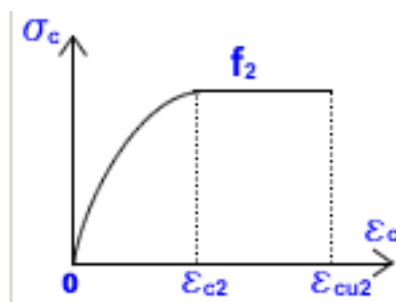
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

### STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Massima compressione per c. rara (FASE COSTRUTTIVA)	$\sigma_c \leq$ <b>27.39</b> Mpa
Massima compressione per c. quasi permanente (ESERCIZIO)	$\sigma_c \leq$ <b>20.54</b> Mpa
Massima compressione alla precompressione per c. rara (FASE COSTRUTTIVA)	$\sigma_c \leq$ <b>28.65</b> Mpa
Massima compressione alla precompressione per c. quasi permanente (ESERCIZIO)	$\sigma_c \leq$ <b>31.96</b> Mpa

### CALCESTRUZZO PER PIEDRITTI E SOLETTA IMPALCATO

Classe di resistenza	C32/40 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.45 -
Slump	S4 -
Diametro massimo inerte	20 mm
Classe di esposizione	XS1



Peso specifico	Ps	<b>25.00</b> kN/mc
Classe di resistenza		<b>C32/40</b>
Resistenza caratteristica cubica	Rck	<b>40.00</b> Mpa
Resistenza caratteristica cilindrica	fck	<b>32.00</b> Mpa
Resistenza media cilindrica a compressione	fcm	<b>41.20</b> Mpa
Resistenza di progetto a compressione	fcd	<b>18.81</b> Mpa
Resistenza caratteristica a trazione	fctk	<b>2.17</b> Mpa
Resistenza di progetto a trazione	fctd	<b>1.45</b> Mpa
Valore medio resist. a trazione semplice	fctm	<b>3.10</b> Mpa
Valore medio resist. a trazione per flessione	fcfm	<b>3.72</b> Mpa
Modulo di elasticità longitudinale (a 28 gg)	Ecm	<b>33642.78</b> Mpa
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c$	<b>1.50</b>
Coefficiente di Poisson	$\nu$	<b>0.20</b>
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$	<b>0.000010</b> 1/°C
Resistenza massima nel grafico parabola-rettangolo	f2	<b>18.81</b> Mpa
Deformazione del calcestruzzo alla tensione di picco (parabola-rettangolo)	$\epsilon_{c2}$	<b>0.00200</b>
Deformazione ultima del calcestruzzo (parabola-rettangolo)	$\epsilon_{cu2}$	<b>0.00350</b>
Coefficiente parziale di viscosità	$\phi_V$	<b>3.80</b>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<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: 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						

Coefficiente finale di ritiro per essiccamento	$\epsilon_{cd}(t)$	<b>-0.00027</b>
Coefficiente finale di ritiro autogeno	$\epsilon_{ca}(t)$	<b>-0.00005</b>
Tensione tangenziale di aderenza acciaio/cls	fbd	<b>3.250 Mpa</b>
Spessore fittizio medio	sf	<b>12 cm</b>

### STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Massima compressione per c. rara (FASE COSTRUTTIVA)	$\sigma_c \leq$	<b>19.92 Mpa</b>
Massima compressione per c. quasi permanente (ESERCIZIO)	$\sigma_c \leq$	<b>14.94 Mpa</b>

### CALCESTRUZZO PER SOLETTONE

Classe di resistenza		C25/30 -
Rapporto massimo acqua / cemento		0.55 -
Slump		S4 -
Diametro massimo inerte		32 mm
Classe di esposizione		XC2 -

### COPRIFERRI

- DIAFRAMMI: Spessore minimo 7 cm
- TRAVI IN CAP: Spessore minimo 5 cm
- SOLETTONE: Spessore minimo 4 cm
- SOLETTA IMPALCATO: Spessore minimo 4 cm
- PIEDRITTI: Spessore minimo 4.5 cm

Il codice utilizzato per le verifiche della trave in cap tiene conto delle diverse fasi attraversate dalla trave durante la realizzazione dell'impalcato e che influiscono sui parametri che ne caratterizzano i materiali.

Per ognuna di queste fasi il programma individua le caratteristiche dei materiali, tenendo conto della loro diversità nel passaggio da una fase all'altra. In particolare la variabilità nel tempo dei moduli elastici e delle resistenze di progetto viene esplicitata da opportuni grafici, come mostrato nelle immagini riportate di seguito.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<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						

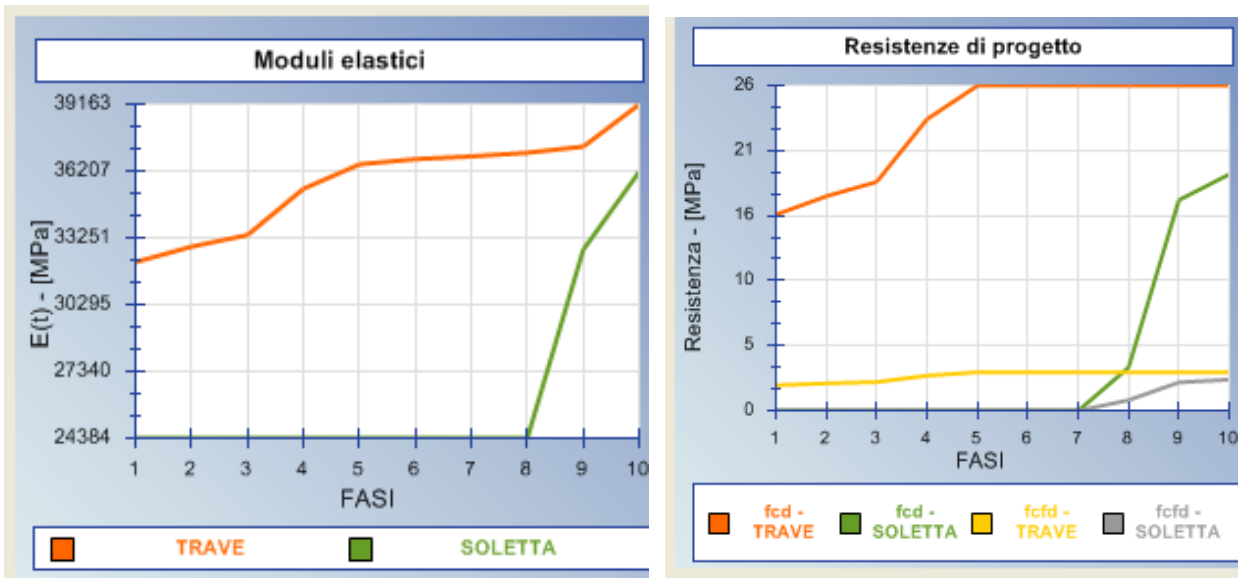




Figura 3.1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

### ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Acciaio commerciale da cemento armato B450C controllato in stabilimento.

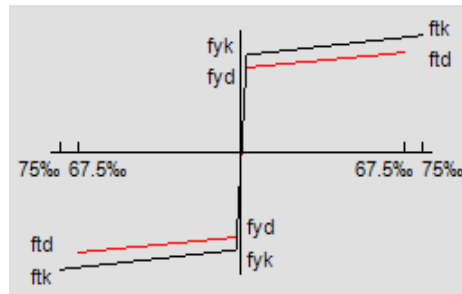


Figura 3.2

Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s$	<b>1.15</b>	
Tensione caratteristica di snervamento	f <sub>syk</sub>	<b>450.00</b>	Mpa
Tensione di progetto allo snervamento	f <sub>syd</sub>	<b>391.30</b>	Mpa
Tensione caratteristica di rottura	f <sub>stk</sub>	<b>540.00</b>	Mpa
Tensione di progetto di rottura	f <sub>std</sub>	<b>469.57</b>	Mpa
Modulo di elasticità longitudinale	E <sub>s</sub>	<b>206000.00</b>	Mpa
Massima deformazione di calcolo	ε <sub>ud</sub>	<b>0.06750</b>	
Deformazione alla tensione di rottura	ε <sub>uk</sub>	<b>0.07500</b>	

### STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Massima trazione  $\sigma_s \leq$  **360.00** Mpa 0.80 f<sub>yk</sub>

- **Acciaio da precompressione in trefoli  $\varnothing$  0,6”:**

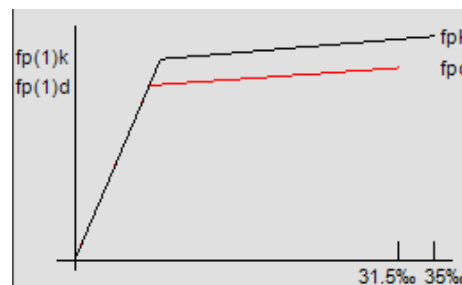


Figura 3.3

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Tipo di acciaio		<b>TREFOLI</b>
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_p$	<b>1.15</b>
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{pyk}$	<b>1670.00</b> MPa
Tensione di progetto allo snervamento	$f_{pyd}$	1452.17 MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_{ptk}$	<b>1860.00</b> MPa
Tensione di progetto di rottura	$f_{ptd}$	1617.39 MPa
Tensione caratteristica al limite lineare	$f_{p(0.0)k}$	<b>1525.20</b> MPa
Tensione caratteristica allo 0.1%	$f_{p(0.1)k}$	<b>1674.00</b> MPa
Tensione caratteristica allo 0.2%	$f_{p(0.2)k}$	<b>1692.60</b> MPa
Tensione caratteristica allo 1%	$f_{p(1.0)k}$	<b>1785.60</b> MPa
Modulo di elasticità longitudinale	$E_p$	<b>195000.00</b> MPa
Massima deformazione di calcolo	$\epsilon_{ud}$	<b>0.03150</b>
Deformazione alla tensione di rottura	$\epsilon_{uk}$	<b>0.03500</b>
Perdita di rilassamento a 1000 ore	$\rho_{1000}$	<b>0.02500</b>

#### STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Massima tensione a perdite scontate		$\sigma_s \leq$	<b>1336</b>	MPa
Massima tensione a perdite scontate allo 0.1%		$\sigma_s \leq$	<b>1339</b>	MPa
Massima tensione a perdite scontate all' 1%		$\sigma_s \leq$	<b>1428</b>	MPa
Massima tensione iniziale di tiro	- $\sigma_{spi} \leq \text{Min} (0.90 f_{p(0.1)k} ; 0.80 f_{ptk})$	$\sigma_{spi} \leq$	<b>1488</b>	MPa

#### DIAFRAMMI IN CA (IDROFRESA)

Primario: 1.20 m x 2.50 m; Secondario: 1.20 m x 2.80 m

Interasse: 2.65 m

## 4. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

### 4.1 CONCI DA 1 A 6

La sezione trasversale risulta di altezza interna costante pari a **7.85 m** mentre la larghezza interna è pari a **23.70 m**, per i conci da 1 e 5, variabile tra **23.70 m e 19.70 m**, per il concio 6, pari a **19.70 m**, per il concio 7. L'altezza massima di ritombamento è di circa **0.65 m**, fino a quota pavimentazione della piazza (100.60 m). Lo sviluppo complessivo del tratto scatolare è di **219.60 m**. La tipologia strutturale adottata è uno scatolare in c.a. gettato in opera con fondazione diretta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<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						

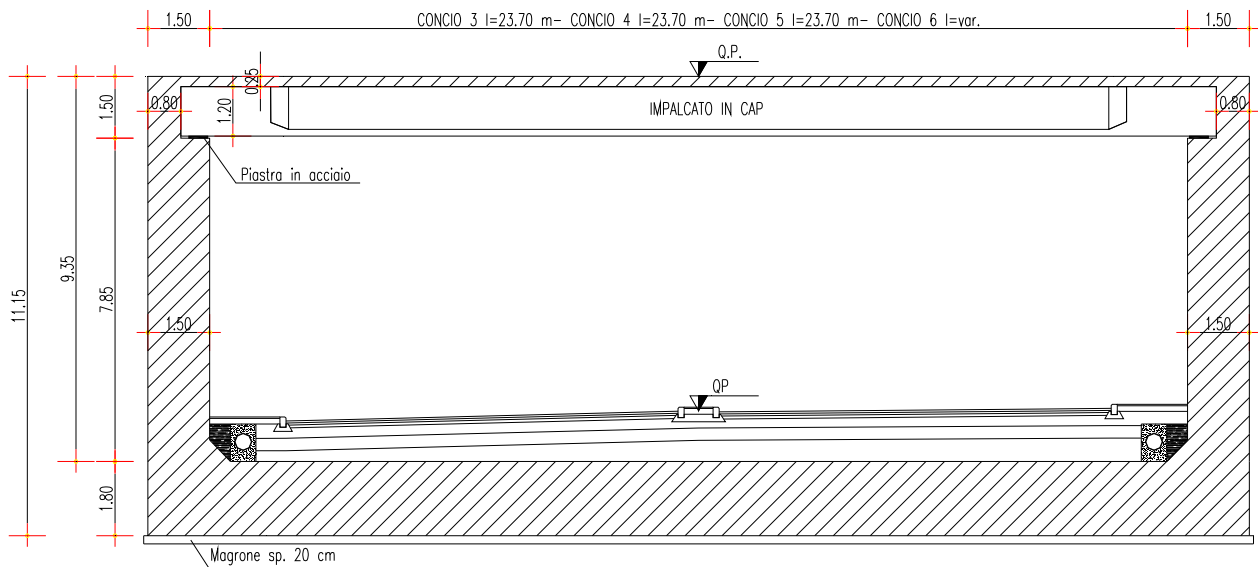


Fig. 4.1.a - Sezione tipo dei conci 3-6

Lo spessore dei piedritti è di **1.50 m**. Lo spessore del solettone di fondazione è di **1.80 m**. La struttura principale dell'impalcato è costituita da travi in c.a.p. accostate, prefabbricate in stabilimento con il sistema delle armature pretese accostate fra loro, poggianti su appoggi in lastra d'acciaio. La sezione è a cassone ad ali larghe inferiori di larghezza **1.70 m** e altezza di **1.20 m**. Lo spessore della soletta è pari a **25 cm**; la stessa sarà collaborante con le travi sotto l'azione di carichi permanenti ed accidentali agenti dopo la sua maturazione.

L'armatura della soletta è collegata con i piedritti realizzando un vincolo di incastro. La soletta in cemento armato, collaborante con le travi, garantisce la ripartizione dei carichi a tutte le travi dell'impalcato in esame.

Il tratto di scatolare relativo ai conci 1 e 2 è caratterizzato dalla presenza di un taglione in fondazione, di spessore 1.80 m e altezza 2.50 m al di sotto del piano di fondazione dello scatolare. La necessità di tale soluzione progettuale scaturisce dagli eccessivi spostamenti che lo scatolare subisce per effetto dello squilibrio di spinta che subentra nella FASE 2 di vita della struttura, allorquando verrà effettuato lo sbancamento totale del terrapieno di valle per la realizzazione del centro congressi.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

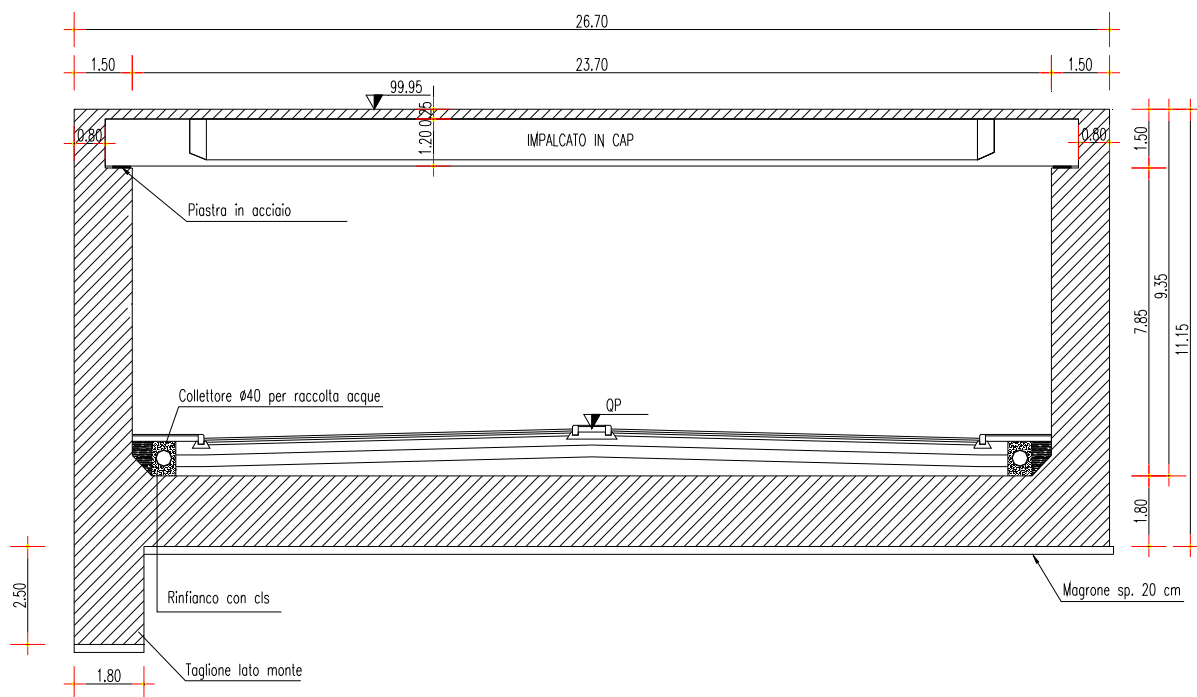


Fig. 4.1.b - Sezione tipo dei conci 1-2

Il dimensionamento si riferisce al concio di luce interna maggiore e pari a 23.70 m con travi di lunghezza totale pari a 25.10 m.

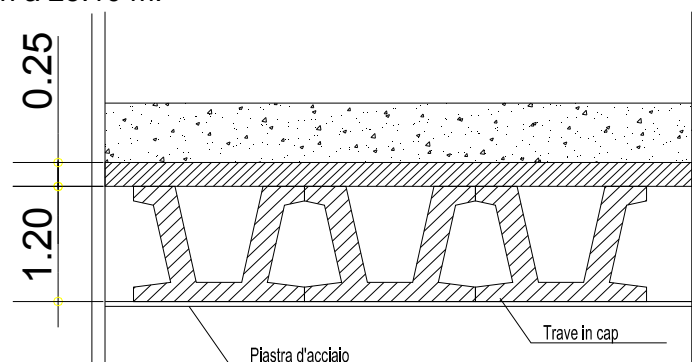


Fig. 4.1.c - Particolare impalcato di copertura

La singola trave in cap, che costituisce l'impalcato di copertura della galleria, è calcolata separatamente come trave semplicemente appoggiata con luce di calcolo pari a **24.40 m**. La

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

larghezza d'appoggio sui piedritti è **40 cm**.

## 4.2 CONCIO 7

La sezione trasversale risulta di altezza interna costante pari a **7.85 m** mentre la larghezza interna è pari a **19.70 m**, per il concio 7. L'altezza massima di ritombamento è di circa **0.65 m**, fino a quota pavimentazione della piazza (100.60 m). Lo sviluppo complessivo del tratto in diaframmi è di **104.50 m**. La tipologia strutturale adottata è costituita da una doppia paratia in diaframmi, tra i quali è interposto l'impalcato di travi in c.a.p. e un solettone dello spessore di 1.80 m.

I diaframmi in c.a. hanno spessore di **1.20 m** e lunghezza totale di **23.00 m**. I conci di scavo dei diaframmi sono pari alternativamente a 2.50 m (modulo primario) e 2.80 m (modulo secondario), così come rappresentato in figura 4.2.

A rivestimento delle paratie in diaframmi è stata prevista una finitura interna costituita da uno strato di Spritz-Beton dello spessore di 5 cm e da un rivestimento dello spessore di 25 cm. La trave di testa delle paratie avrà un'altezza pari a **1.50 m**. Per eventuali dettagli geometrici si rimanda agli appositi elaborati grafici di progetto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

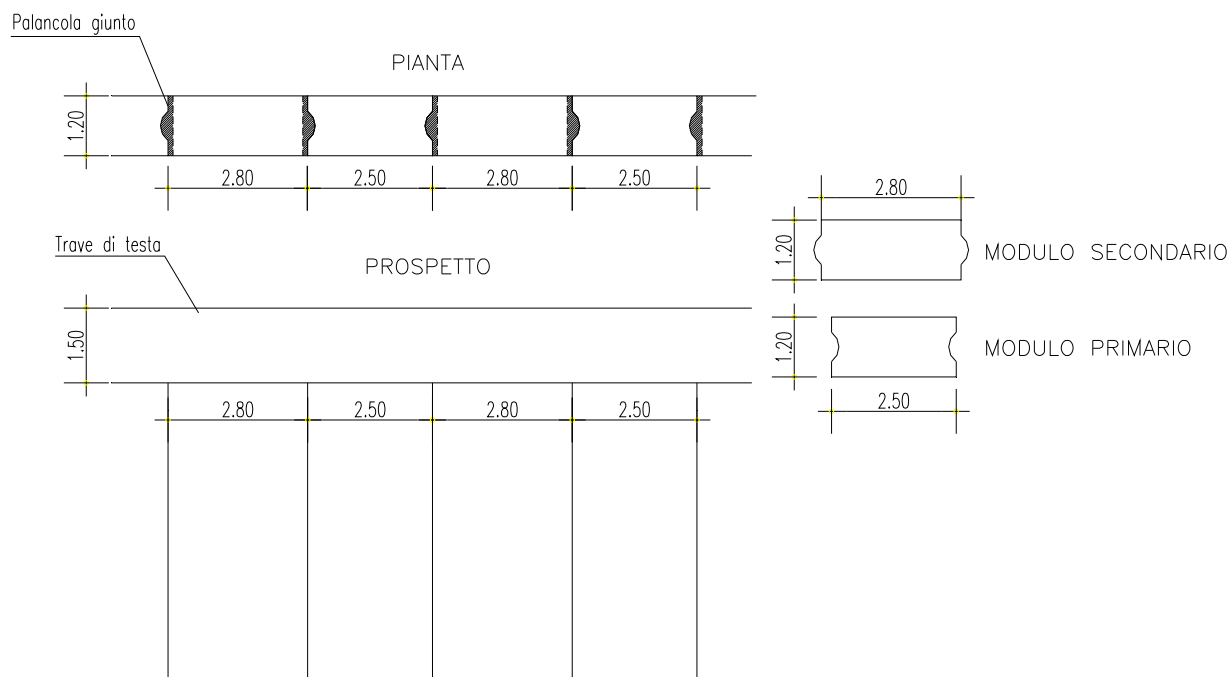


Figura 4.2: Dettaglio pannelli

Per il calcolo delle paratie laterali, in relazione alle specifiche caratteristiche statiche della struttura e del sistema di vincolo, è stato analizzato un modello piano costituito da entrambi i piedritti e dall'impalcato modellato come asta in c.a. di rigidezza equivalente all'impalcato reale.

L'analisi ha tenuto conto delle varie fasi costruttive avendo adottato un modello di interazione terreno-struttura di tipo non lineare elasto-plastico.

La struttura principale dell'impalcato presenta le stesse caratteristiche dei conci 1-6.

**ASSE 1-2: Galleria artificiale  
dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10**

Codice documento  
CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0

Rev *F0*      Data  
20/06/2011

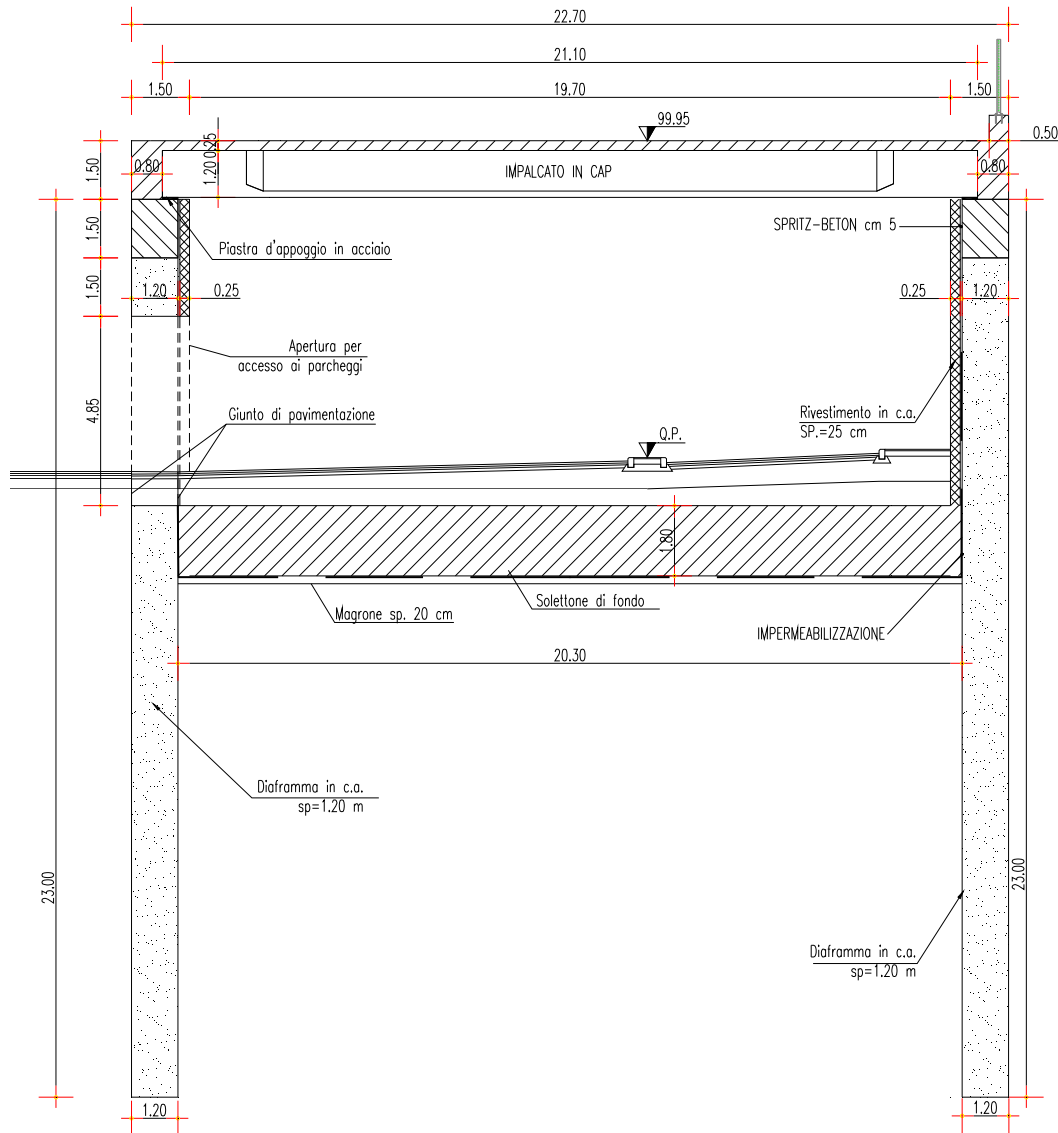


Fig. 4.3 - Sezione tipo del conco 7

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

Per l'analisi dettagliata degli aspetti geologici e geomorfologici si rimanda ai seguenti elaborati:

Relazione tecnica illustrativa Indagini geognostiche	CG0800	Q	PR	D	C	RI	I5	00	00	00	00	01	A
Planimetria Indagini Geognostiche Calabria - Tavola 1	CG0800	Q	P6	D	C	RI	I5	00	00	00	00	01	A
Planimetria Indagini Geognostiche Calabria - Tavola 2	CG0800	Q	P6	D	C	RI	I5	00	00	00	00	02	A
Planimetria Indagini Geognostiche Calabria - Tavola 3	CG0800	Q	P6	D	C	RI	I5	00	00	00	00	03	A
Planimetria Indagini Geognostiche Calabria - Tavola 4	CG0800	Q	P6	D	C	RI	I5	00	00	00	00	04	A
Indagini geognostiche - Relazione generale	CG0000	P	RG	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	01	A
Indagini geognostiche - Relazione sulle indagini sismiche	CG0000	P	RG	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	02	A
Indagini geognostiche - Risultati prove di laboratorio	CG0000	P	RG	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	03	A
caratterizzazione geotecnica - relazione geotecnica generale	CG0800	P	RB	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	01	A
Relazione sismica generale	CG0800	P	RG	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	01	A
Tracciato stradale - Ramo A													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	01	A
Tracciato stradale - Ramo B													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	02	A
Tracciato stradale - Ramo C													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	03	A
Tracciato stradale - Ramo D													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	04	A
Tracciato stradale - Rampa F													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	05	A
Tracciato stradale - Rampa G													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	06	A
Tracciato stradale - Rampa M													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	07	A
Tracciato stradale - Rampa U													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	08	A
Tracciato stradale - Rampa V													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	09	A
Tracciato stradale - Ramo A accelerazione													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	10	A
Tracciato stradale - Ramo C decelerazione													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	11	A
Tracciato stradale - Ramo D decelerazione													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	12	A

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

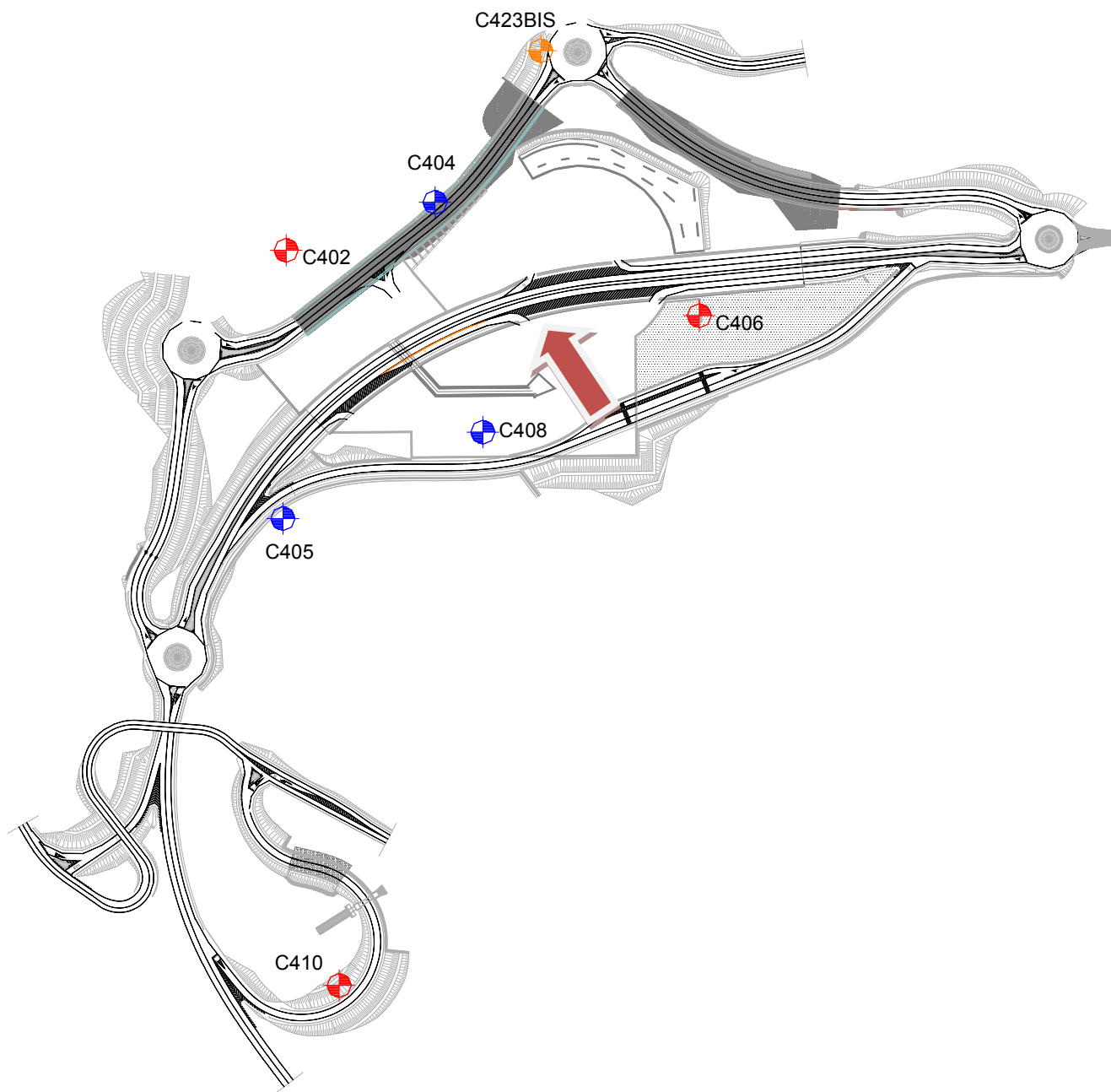


Fig. 5.1 – Stralcio planimetrico con ubicazione delle opere e dei sondaggi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

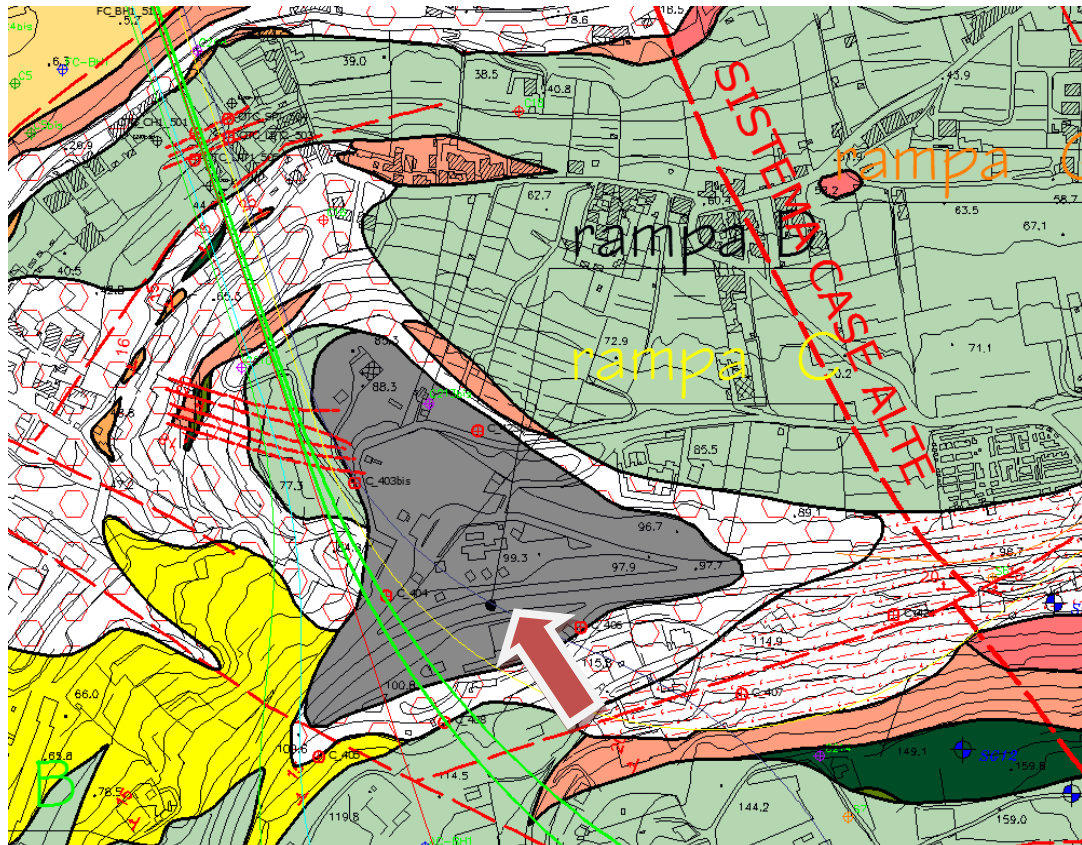
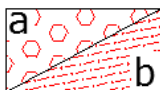


Fig. 5.2 – Stralcio della carta geologica con ubicazione della struttura

**Ghiaie e sabbie di Messina.**



Sabbie e ghiaie grigio giallastre, con abbondante matrice. I clasti sono da subarrotondati ad appiattiti, spesso embriciati. Sono presenti livelli e lenti di sabbie fini. Si presentano clinostatificati. Le facies sono attribuibili ad ambienti di tipo deltizio e/o conoide sottomarina. (PLEISTOCENE MEDIO)



**Depositi di versante.**

Depositi poco coesivi, costituiti da materiale spigoloso, poligenico ed eterometrico con matrice a grana fine (a), localmente si presenta con grossi blocchi. In località Case Alte il detrito si presenta con tessiture da medie a grossolane, subordinatamente fine, con laminazione incrociata e clinostatificato (b). (OLOCENE)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



**Riporto antropico.**  
(ATTUALE)



**Conglomerato di Pezzo.**  
Conglomerato a matrice arenacea, da scarsamente a ben cementato, a stratificazione poco distinta, con passaggi laterali a livelli arenacei e sabbie grossolane. Gli elementi costituenti sono esclusivamente di natura cristallino-metamorfica. (TORTONIANO SUPERIORE)

## 5.1 RIPORTO ANTROPICO

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19-21
$c'$ picco (kPa)	0
$\varphi'$ picco (°)	35°
$C_{residuo}'$ (kPa)	0
$\varphi_{cv}'$ (°)	33°
$k_o$ (-)	1-sen $\varphi'$
$E'$	30 MPa
$\nu'$	0.2

## 5.2 SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

Per le caratteristiche fisiche da un'analisi statistica delle caratteristiche granulometriche emerge, un andamento che conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 36%), sia di materiali intermedi (sabbie 52%). Il contenuto di fino è mediamente del 11%. La formazione non è sovraconsolidata, nel senso che in passato non ha generalmente subito dei carichi maggiori di quelli attuali. Presenta un locale grado di cementazione di natura chimica.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18-20
$c'$ picco (kPa)	0-10
$\varphi'$ picco (°)	38° ÷ 40° (p'ff=0-272KPa) / 35° ÷ 38° (p'ff=272-350KPa)
$C_{residuo}'$ (kPa)	0
$\varphi_{cv}'$ (°)	33-35
$k_o$ (-)	0.45-0.55
$V_s$ (m/sec)	200 + 7 z
$G'_o$	$G'_o = 1780 \cdot p_a \cdot \left( \frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.65}$
$E_o$	$E_o = 4300 \cdot p_a \cdot \left( \frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.65}$
$E' *$	$E' = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.7}$
$\nu'$	0.2
$K$ (m/s)	$10^{-4} - 10^{-5}$

### 5.3 CONGLOMERATO DI PEZZO

Il conglomerato di Pezzo è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. La sua potenza è superiore ai 200 m. Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose. Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato. Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili. Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere. Per i parametri di resistenza al taglio nell'ambito dello strato superficiale più alterato ( $z < 25 \div 30$ m), si fa riferimento alla caratterizzazione geotecnica generale che si basa sull'esito delle prove di carico su piastra, ritenute maggiormente rappresentative del comportamento d'insieme dell'ammasso: si considerano quelle ubicate in prossimità del blocco di ancoraggio lato Calabria (campagna di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

indagine 1988 – pozzo P2500) ed al proposito si è ripreso lo studio effettuato nel Progetto preliminare (“Le basi del progetto – Geotecnica” – Elab. PP2RA24) (Vd. Elab. CG0800PRBDCSBC8G000000001A).

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	21-23
$c'$ picco (kPa)	0-100
$\phi'$ picco (°)	38° ÷ 42°
$C_{residuo}'$ (kPa)	0
$\phi_{cv}'$ (°)	33-35
$k_o$ (-)	0.7-0.9
$V_s$ (m/sec)	$V_s = 280 \cdot (z)^{0.2}$
$G'_o$	$G_o = 3000 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.50}$
$E_o$	$E_o = 7200 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.50}$
$E' *$	$E' = 150-300$ (z 0 - 20m) $E' = 300-500$ (20 - 35m)
$\nu'$	0.2-0.3
$K$ (m/s)	$10^{-7}$

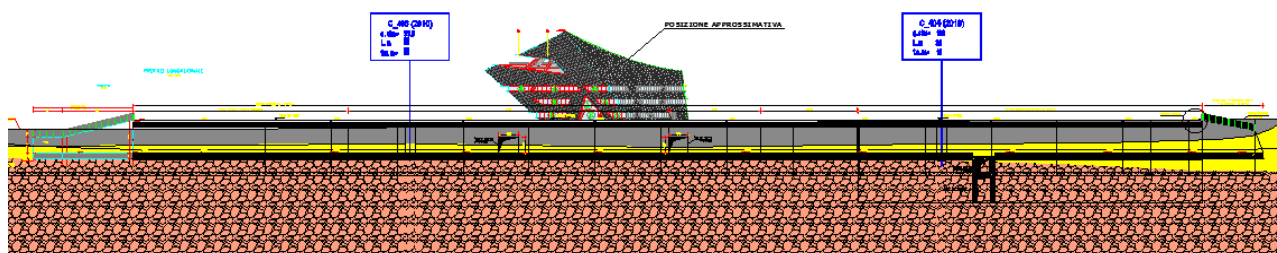


Fig. 5.3 – Profiilo geotecnico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per la valutazione degli angoli di attrito terreno struttura si è fatto riferimento alla seguente tabella:

Tipo di opera	Lato spinta attiva $\delta a/\varphi'$	Lato spinta passiva $\delta p/\varphi'$
Calcestruzzo gettato in opera	2/3	2/3
Calcestruzzo prefabbricato	1/2 ÷ 2/3	1/2 ÷ 2/3
Palancole metalliche	2/3	1/2 ÷ 2/3
Micropali iniettati	2/3 ÷ 1	2/3
Terre rinforzate/armate	1	1/2 ÷ 2/3

Nel nostro caso, per il calcolo dei diaframmi, è stato assunto cautelativamente  $\delta p = 0$  lato spinta passiva, dal momento che per il calcolo dei coefficienti di spinta passiva viene utilizzata la teoria di M.O.

## 6. CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE



Ai fini del calcolo della capacità portante del terreno di fondazione si è adottata la formula trinomia di Hansen per la determinazione del carico limite del complesso terreno-opera di fondazione:

$$\text{Carico verticale } q_{ult} = c \times N_c \times s_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times s_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma$$

$$\text{Carico inclinato } q_{ult} = c \times N_c \times i_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times i_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times i_\gamma \times d_\gamma$$

I coefficienti che compaiono nella formula assumono i valori di seguito riportati:

Per valori di  $D/B < 1$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Per valori  $D/B > 1$ :

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

Nel caso  $\varphi = 0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d' <sub>c</sub>	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando  $\varphi=0$ .

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \quad \text{per fondazioni nastriformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattore di profondità:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{per qualsiasi } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

*Fattori di inclinazione del carico*

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta/450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

*Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):*

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \varphi)$$

$$b_q = \exp(-2.7\eta \tan \varphi)$$

### DATI GENERALI

=====	
Azione sismica	NTC 2008
Lat./ Long. [WGS84]	38.229234/15.647599
Larghezza fondazione	26.7 m
Lunghezza fondazione	30 m
Profondità piano di posa	0.0 m
=====	

### SISMA

=====	
Accelerazione massima (ag/g)	0.444
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.572
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.444
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.195
=====	

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

#### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
		<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	1.3	2.33	0.32
S.L.D.	201.0	1.69	2.36	0.34
S.L.V.	1898.0	4.34	2.49	0.42
S.L.C.	2475.0	4.81	2.5	0.44

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.56	0.24	0.0382	0.0191
S.L.D.	2.028	0.24	0.0496	0.0248
S.L.V.	4.34	1.0	0.4440	0.2220
S.L.C.	4.81	1.0	0.4905	0.2453

### STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m <sup>3</sup> ]	Gams [kN/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	c Corr. [kN/m <sup>2</sup> ]	cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ey [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	CONGLOMERATO DI PEZZO
30.0	21.0	22.0	40.0	40	0.0	0.0	0.0	150000	0.0	

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1





		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 7. CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

La caratterizzazione sismica del sito in cui è inserita l'opera in oggetto viene effettuata sulla base delle indicazioni contenute nel D.M. 14/01/2008 (paragrafo 3.2). I parametri sismici di base sono stati calcolati utilizzando il foglio di calcolo dedicato "Spettri di risposta", fornito dal Consiglio Sup. LL.PP. (<http://www.cslp.it/cslp/>), inserendo le coordinate geografiche dell'intervento in corrispondenza dell'opera in progetto:

<b>Latitudine</b>	38,22715
<b>Longitudine</b>	15,645979

### Periodo di riferimento per l'azione sismica

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito dipende dal periodo di riferimento considerato per la definizione dell'azione sismica. In base alle indicazioni riportate nel paragrafo 2.4 del D.M. 14/01/2008 e quanto riportato nei criteri di progettazione contenuti nel documento "criteri di progettazione\_rev06\_20101013.xls":

<b>Tipo di costruzione</b>	3
<b>Vita nominale (<math>V_N</math>)</b>	100 anni
<b>Classe d'uso</b>	IV
<b>Coefficiente d'uso (<math>C_U</math>)</b>	2

Pertanto il periodo di riferimento per l'azione sismica vale:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 2 = 200 \text{ anni}$$

### Parametri sismici di base

In base alla posizione del sito in esame ed al periodo di riferimento considerato, si ottengono i

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

seguenti parametri sismici di base:

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [sec]
SLO	120	0.133	2.330	0.324
SLD	201	0.172	2.358	0.337
SLV	1898	0.444	2.488	0.421
SLC	2475	0.492	2.502	0.436

dove:  $T_R$  = periodo di ritorno associato allo Stato Limite considerato;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

### Stati Limite di riferimento

Nel caso delle strutture in genere e delle opere di sostegno (muri, paratie) devono essere verificati i seguenti Stati Limite:

- **SLD** (Stato Limite di Danno), associato alle verifiche a Stato Limite di Esercizio;
- **SLV** (Stato Limite di salvaguardia della Vita), associato alle verifiche a Stato Limite Ultimo.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante un approccio semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento indicate nella Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008.


Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessori massimo pari a 3m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina media-mente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsa-mente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

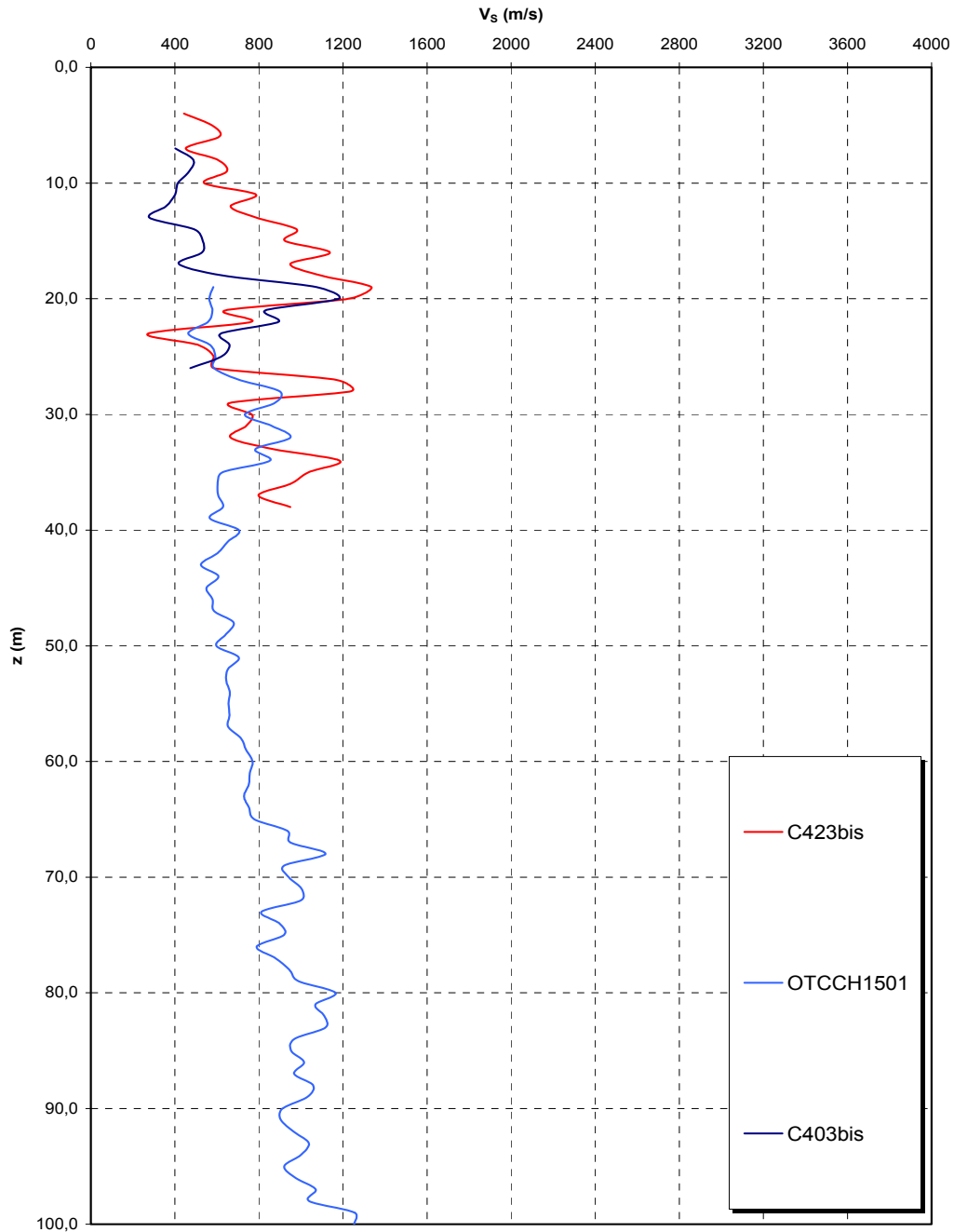
L'opera è fondata interamente sulla formazione del Conglomerato di Pezzo, ad eccezione del tratto compreso tra le sezioni 18 e 21, in cui è presente uno strato di Sabbie e Ghiaie di Messina

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

che ha uno spessore variabile tra 0 e 4.00 m, sovrastante il conglomerato stesso. Il piano di imposta del solettone di fondazione della galleria si trova ad una profondità media dal piano di campagna pari a 11.00 m

Data l'esiguità delle prove localmente presenti, si è scelto di tenere conto anche delle prove effettuate nei sondaggi utilizzati per caratterizzare la zona in corrispondenza delle rampe di accesso alle gallerie (Rampe A/B/C/D 0-0+500). Per la caratterizzazione sismica del suolo nella zona in esame si dispone delle prove sismiche relative ai sondaggi **C403bis C423bis**.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Andamento delle  $V_s$  nelle verticali indagate



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> FO

Si riportano di seguito le colonne stratigrafiche dei sondaggi di riferimento:

Scab (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T.	Podet Test kg/cmq	Campioni	Falda	R.Q.D. %	Prova Permeab.	Prova Dilat/Press.	Piezometro CSG
		Suolo	1.00									
1		Materiale di riporto costituito da sabbia fine e ciottoli sub arrotondati di colore bruno chiaro 5YR 5/6 poco addensato			n° 1 2.20m 4/3/3							
2					n° 2 3.50 m 7/16/21							
3					n° 3 5.00 m 2/3/3							
4			6.50		n° 4 6.50 m 2/2/3							
5		Limo argilloso di colore bruno scuro 5YR 2.5/2, da teneri a mediamente consistenti.			n° 5 8.00 2/2/3						1MFA 8.00	
6			8.90		n° 6 10.00 m 12/16/24		10.55 CR1			LEFRANC C.C. 10.00		
7		Sabbia media di colore grigio chiaro 10YR 7/1 addensata con ghiaia media (di 30 mm) e ciottoli subarrotondati eterometrici (70-80 mm)			n° 7 11.50 m 5/7/9		10.75 CR2					
8					n° 8 13.00 m 17/22/23		12.00 CR3					
9			13.80		n° 9 14.50 m R		12.20 CR4					
10		Blocco granitico con alterazione da media ad elevata	14.30		n° 10 16.00m R		15.20 CR5					
11		Granito ad intensa alterazione ridotto in sabbia grossolana di colore marrone-grigiastro 10YR6/3, talora con ghiaia subarrotondata e subangolare dell'ordine di 10-15 mm e blocchi granitici massivi a 25,00 m			n° 11 18.20m 23/R		15.40 CR6				2MFA 18.00	
12					n° 12 22.00m 25/R		16.75 CR7			LEFRANC C.C. 20.00		
13					n° 13 24.20m R		16.90 CR8					
14					n° 14 26.00m R		19.40 CR9					
15					n° 15 27.50m 12/23/41		19.60 CR10					
16							20.50 CR11					
17							20.65 CR12					
18							22.30 CR13					
19							22.45 CR14					
20							23.45 CR15					
21							23.50 CR16					
22							24.65 CR17					
23							24.85 CR18					
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30			30.00									

Colonna stratigrafica Sondaggio C404

**ASSE 1-2: Galleria artificiale**  
**dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10**

Codice documento  
CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0

Rev Data  
F0 20/06/2011

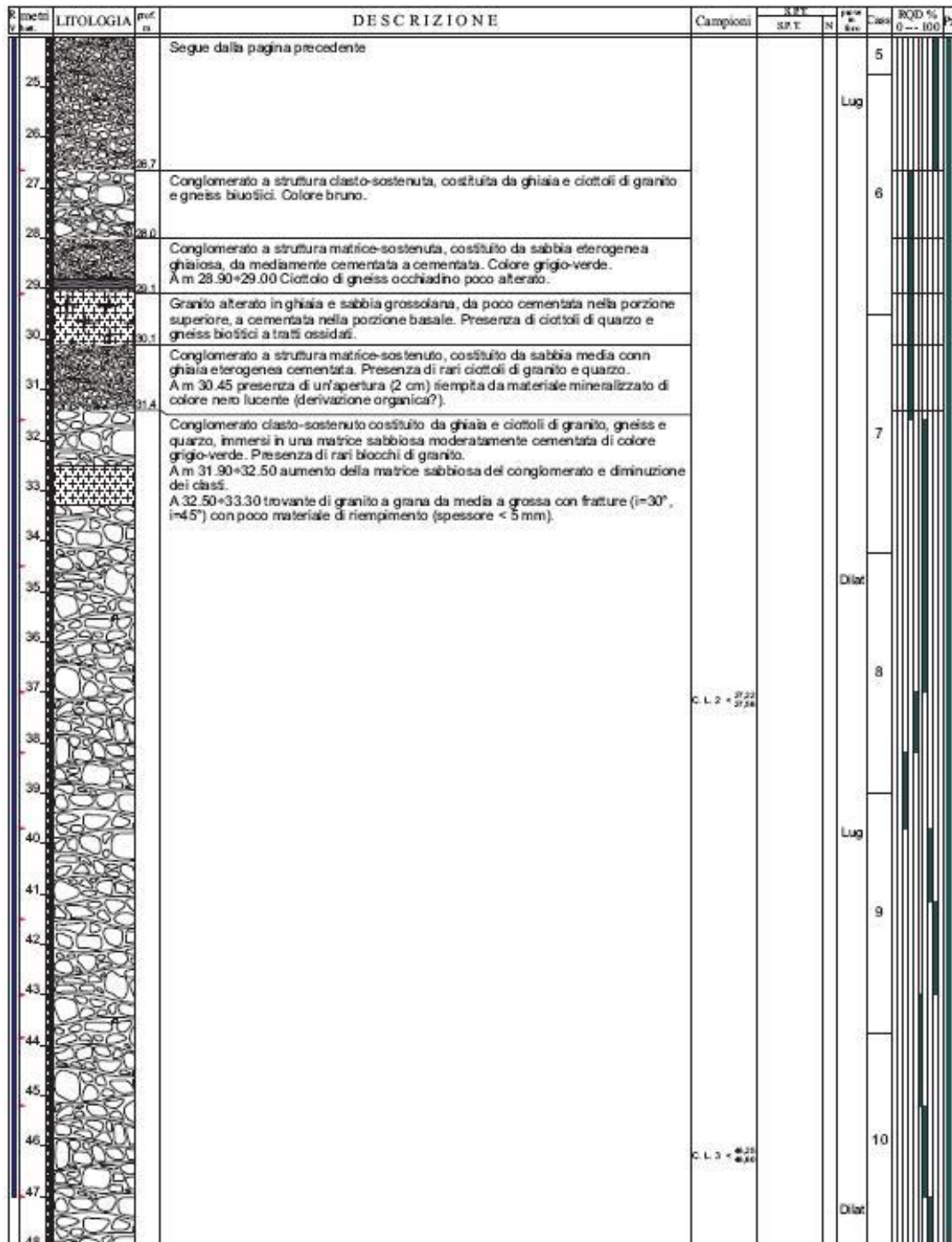
R metri Profondità	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	Campioli	RPN		N	Clas	ROD % 0 --- 100
				SPT	N			
0.3		Materiale di riporto costituito da bitume (5 cm), ghiaia con sabbia, debolmente limosa di colore grigio chiaro. Presenza di rari ciottoli sub-arrotondati.						
1.5		Sabbia da media a grossolana con ghiaia grossa moderatamente addensata. Presenza di ciottoli (6-8 cm) sub-arrotondati. Colore marrone-bruno. Presenza di frustoli vegetali.	SPT 1 = 1,50 1,60	10-67	15			
2.3		Sabbia da media a grossolana con ciottoli (3-5 cm) da sub-angolari a sub-arrotondati, ghiaiosa di colore grigio scuro. Manifesta odorazione di gasolio.						
2.6		Sabbia media sciolta debolmente ghiaioso-limosa di colore grigio-marrone. Presenza di ciottoli (3-5 cm) sub-angolari.	SPT 2 = 3,00 2,10	27-RP1cn	Rd			1
4.7		Sabbia quarzoso-micacea debolmente ghiaiosa molto addensata, di colore grigio-avana, presenza di rari ciottoli (2-3 cm). A m 2.90 grosso ciottolo di granito poco alterato (8-10 cm), è riconoscibile ancora la struttura cristallina del granito.	SPT 3 = 4,50 4,50	RP1cn	Rd			
5.0		A m 4.25 ciottoli di scisti biotitici di colore grigio scuro, si presentano ossidati. A m 4.60-4.70 ciottoli di granito non alterati (4-5 cm).						
5.6		Sabbia da fine a media con ciottoli di granito e gneiss biotitico poco alterato.	SPT 4 = 5,60 6,07	26-RP1cn	Rd			
6.4		Sabbia media quarzoso-micacea con ghiaia quarzosa cementata grigio chiaro-ocra. Struttura granitica poco riconoscibile.						
7.5		Sabbia media quarzoso-micacea, di provenienza dall'alterazione di un granito, con ciottoli di granito non alterati (5-7 cm) sub-angolari. Presenti zone di ossidazione.						
8.3		Sabbia da fine a media ghiaiosa debolmente limosa di colore grigio-avana, con clasti di graniti, quarzo e gneiss biotitici sub-angolari. A m 6.60-6.70 presenza di ciottoli di gneiss biotitico (4-6 cm).						2
9.1		Ciottoli di granito poco alterato, immersi in una matrice quarzoso-micacea debolmente sabbiosa.						
9.6		Sabbia media quarzoso-micacea, di provenienza dall'alterazione del granito. E' ancora riconoscibile la struttura cristallina del granito. A m 9.10-9.60 ciottoli di granito poco alterati con fratture (i=0°, i=45°, i=90°). Inoltre, sono visibili piccole fratture con pochissimo materiale di riempimento (spessore < 5 mm). A m 10.50-10.80 livello di ciottoli di granito da sub-angolari a sub-arrotondati debolmente sabbiosi.						
12.4		Conglomerato costituito da blocchi e ciottoli di granito, gneiss biotitico e quarzo, da sub-angolari a sub-arrotondati, immersi in una matrice da sabbiosa a debolmente sabbiosa, cementata a tratti debolmente cementata. I minerali feniici si presentano ossidati. A m 12.40-12.55 ciottolo di quarzo di colore bianco con venature di colore verde.						3
14.8		Ciottoli e blocchi di gneiss grigio scuro, con venature bianche, immersi in poca matrice debolmente sabbiosa. E' una roccia moderatamente alterata con qualche principio di ossidazione dei minerali feniici.						
15.6		Trovante di granito di colore grigio-bianco a grana media. Nel tratto terminale del trovante sono riconoscibili fratture (i=45°, i=0°) senza materiale di riempimento. Le fratture si presentano poco rugose, con superfici fortemente ossidate.						
16.3		Granito alterato in sabbia e ghiaia, quarzoso-micacea, di colore grigio scuro. Presenti rari ciottoli di granito poco alterato, da spigolosi a sub-angolari.						
17.0		Blocchi di granito a grana grossa con poca matrice, debolmente sabbiosa. Sono presenti fratture (i=30°, i=45° e i=60°) con poco materiale di riempimento (< 5 mm). Le superfici delle fratture sono aietrate e ossidate.						4
17.0		Conglomerato costituito da blocchi e ciottoli di gneiss biotitico e granito, da spigolosi a sub-angolari, immersi in una matrice sabbiosa poco cementata, a tratti non cementata di colore grigio-marrone. A m 18.65-18.90 blocco di granito a grana media, non alterato, con fratture (i=45°, i=60°) senza materiale di riempimento.						
19.3		A m 19.35-19.60 blocco di granito a grana media con frattura (i=60°) con materiale di riempimento avente spessore inferiore a 5 mm.						
20.0		A m 19.80-20.00, 20.15-20.35, 21.65-22.00 blocco di granito non alterato a grana media. Presente una frattura con i=0°, aperta e con poco materiale di riempimento.						5
22.0		Conglomerato a struttura matrice-sostenuto, costituita da sabbia e ghiaia di colore grigio-verde, da mediamente cementata a cementata, con sporadici clasti costituiti da ciottoli di granito e gneiss.	C.L. 1 = 2,40 2,00					



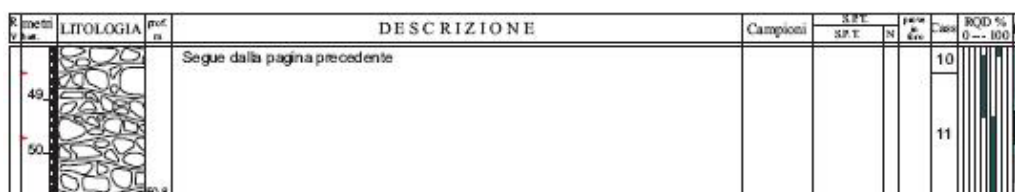
**ASSE 1-2: Galleria artificiale**  
**dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10**

*Codice documento*  
CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Colonna stratigrafica Sondaggio C406

Dai sondaggi analizzati si evidenzia l'assenza di falda.

### Coefficiente di amplificazione stratigrafica

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) può essere calcolato in funzione dei valori di  $F_o$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di Categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008.

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Pertanto si ha:

STATO LIMITE	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [sec]	$S_s$	
<b>SLV</b>	0.444	2.488	0.421	A	1.00
				B	1.00
				C	1.037
				D	0.90
				E	1.00

Per le componenti verticali del sisma, il coefficiente  $S_s$  assume sempre il valore unitario.

### Coefficiente di amplificazione topografica

In accordo con la Tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/2008, le caratteristiche topografiche del sito in cui sorge l'opera in progetto rientrano nella **Categoria T1** ("Pendii con inclinazione media  $i < 15^\circ$ ").

Tenendo conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, il valore del coefficiente di topografia ( $S_T$ ) assume quindi un valore pari a 1.00, in accordo con quanto riportato nella Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008.

## 8. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

Per l'opera in oggetto sono stati eseguiti accurati rilievi dello stato dei luoghi interessati dall'attraversamento, dei manufatti, dei fabbricati e delle opere ed impianti in genere che, in una qualsiasi fase, possono essere interessati dai lavori.

La progettazione è stata condotta con riferimento alle normative di calcolo indicate nel documento GCG.F.01.02 "Normativa tecnica applicabile" o, in mancanza di disposizioni specifiche, a criteri fondati su ipotesi teoriche e risultati sperimentali chiaramente comprovati, allo scopo di garantire la

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

completa stabilità e la sicurezza delle strutture sia singolarmente che nel loro insieme. La tipologia dell'opera in oggetto e le procedure di dimensionamento e verifica sono state delineate in relazione alla situazione stratigrafica e geotecnica locale, all'entità dei carichi e alle condizioni di stabilità dei siti di futura costruzione.

### **Diaframmi**

Si prevede come metodologia di scavo l'uso di idrofresa.

E' stato verificato, per ciascuna situazione di progetto individuata attraverso specifiche analisi, che non siano raggiunte condizioni di stato limite ultimo e di servizio. E' stato accertato che non siano raggiunti i seguenti stati limite ultimi:

1. rottura per rotazione causata da non adeguate reazioni orizzontali del terreno al di sotto del fondo scavo;
2. sollevamento per pressioni artesiane in livelli/strati sabbiosi sottostanti livelli/strati limoso-argillosi più impermeabili;
3. rottura per instabilità globale e/o per raggiungimento della capacità portante di strati limoso-argillosi posti in prossimità del fondo scavo;
4. rottura degli elementi strutturali.

Sono stati analizzati anche stati limite ultimi determinati dal raggiungimento di spostamenti eccessivi.

Nella definizione delle situazioni di progetto si è fatto riferimento ad assunzioni e a combinazioni dei dati di progetto in grado di coprire tutte le condizioni che possono ragionevolmente essere previste durante l'esecuzione e la vita utile dell'opera.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><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						

## 9. FASI COSTRUTTIVE

Di seguito vengono descritte le fasi costruttive per la realizzazione dell'opera.

### FASE 1:

1. Realizzazione paratia in diaframmi corpi 2-3-4;
2. Realizzazione diaframmi e fondazione Arcade;
3. Realizzazione diaframmi del concio 7;
4. Posa in opera della soletta di copertura in c.a.p. del concio 7;
5. Sbiancamento fino alla profondità di posa del magrone del solettone di fondazione;
6. Realizzazione del solettone di fondazione del concio 7 e della fondazione dei conci scatolari;
7. Scavo e realizzazione del taglione di fondazione dei conci 1 – 2;
8. Realizzazione dei piedritti dei conci scatolari;
9. Posa in opera copertura in c.a.p. dei conci scatolari;
10. Ritombamento dei terrapieni laterali dei conci 1-2;
11. Scavo a valle del concio 7 fino alla profondità di imposta delle fondazioni dei corpi di fabbrica 8 e 9;

### FASE 2:

12. Scavo del terrapieno di valle del concio scatolare 1;
13. Realizzazione del Centro Congressi.

### **Fasi tipiche di costruzione dei diaframmi**

1. Sbiancamento e costruzione dei cordoli guida, della profondità di 1.30 m e della larghezza di 40 cm, per la realizzazione dei diaframmi laterali;
2. Scavo del pannello mediante idrofresa (con o senza pre-scavo di approccio);
3. Dissabbio e pulizia del pannello
4. Getto del pannello

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<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: 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						

Lo scopo dei cordoli guida dei diaframmi è molteplice, infatti assicurano le seguenti funzioni:

1. assicurare la stabilità del terreno in superficie (carichi importanti in adiacenza allo scavo);
2. guida per l'imbocco della benna o idrofresa;
3. garantire l'allineamento di progetto;
4. evitare problemi causati dalle fluttuazioni del livello superiore del fango bentonitico nello scavo;
5. garantire la presenza di un adeguato battente di fango bentonitico a partire dalla profondità alla quale questo diventa portante
6. servire da supporto alle gabbie (che vanno tenute sollevate dal fondo dello scavo) sino all'indurimento del calcestruzzo.

I cordoli guida saranno opportunamente armati per resistere ai colpi dell'utensile di scavo, ed ai carichi dei macchinari che si muovono in adiacenza a quest'ultimo, oltre che alle forze verticali di estrazione degli elementi di giunto.

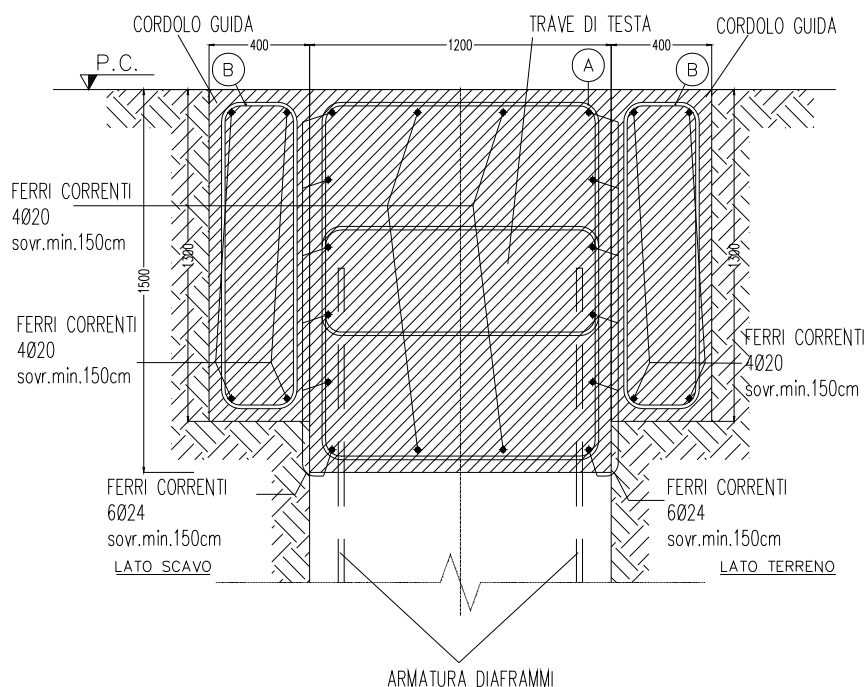


Fig.9.1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

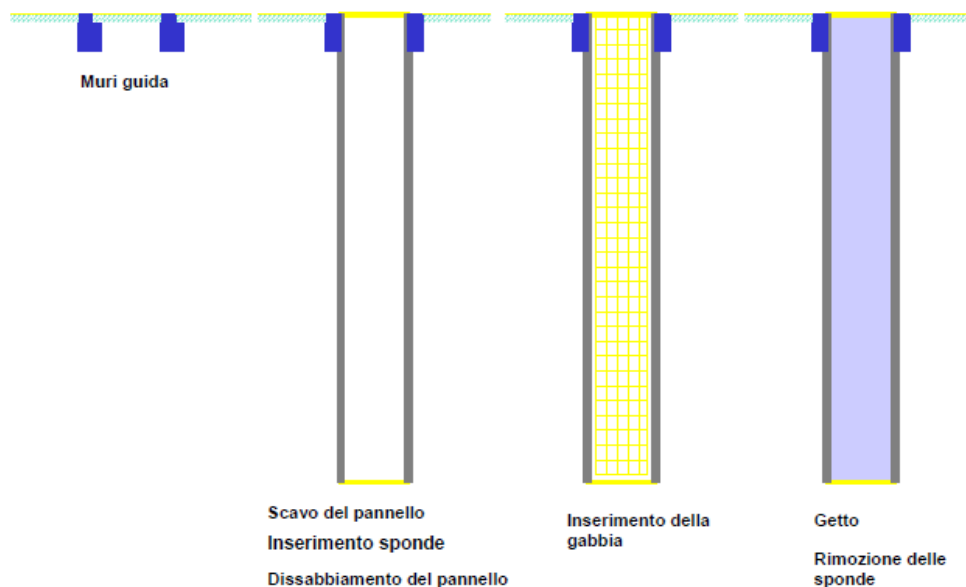


Fig.9.2

### Controllo della verticalità

Per il controllo della verticalità dello scavo, e quindi dei pannelli, saranno utilizzati sistemi la cui precisione è commisurata alle profondità dei pannelli ed all'importanza dell'opera. Di norma potranno essere utilizzati inclinometri biassiali da fissare sull'utensile di scavo, in modo da avere il controllo della perforazione a varie profondità.

Poiché l'inclinometro non dà indicazioni circa l'eventuale rotazione del pannello, si provvederà, ove richiesto dalla Direzione Lavori, a misure più precise o integrative quali:

- rilievo della geometria del pannello mediante sonda ad ultrasuoni (tipo sistema KODEN);
- rilievo della rotazione mediante controllo della posizione delle funi di sospensione di un "pendolo" di massa un inferiore a 2000 kg. a forma di parallelepipedo a base quadrata, il cui lato è pari allo spessore del pannello meno 5 cm. Sia la sonda che il pendolo saranno fatti discendere in corrispondenza delle estremità del pannello da misurare. Le misure saranno eseguite in risalita.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Dispositivi per la formazione dei giunti

Per la corretta formazione dei giunti, si utilizzeranno tubi-spalla di opportuna forma e dimensione:

- colonne semi-circolari;
- profilati piatti irrigiditi con colonne semi-circolari;
- "canne d'organo"....

Di norma i tubi spalla saranno messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello. Ad avvenuta presa del getto si provvederà alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica: se necessario la superficie del tubo spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti. Si avrà cura di pulire adeguatamente i tubi spalla prima del loro impiego. Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si avrà cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatori saranno utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.

Qualora sia utilizzata l'idrofresa è possibile realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati.

### Getto del calcestruzzo

Prima del getto si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori di contenuto in sabbia. Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

7. eiettore (air lifting);
8. pompa sommersa per fanghi;
9. pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di scavo con idrofresa l'eventuale dissabbiamento, se necessario, sarà condotto mantenendo l'utensile a fondo foro e prolungando la circolazione inversa del fango. Il getto di calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 2,00 m. di tubo in acciaio avente diametro interno 20 ÷25 cm. L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

aumento di diametro non superiore a 2.0 cm.; sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5 - 0,6 m<sup>3</sup>, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento. Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provvederà all'estrazione della gabbia di armatura ed alle operazioni di pulizia, il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30 - 60 cm dal fondo della perforazione; al fine di evitare azioni di contaminazioni/dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta riempito con vermiculite granulare o palline di polistirolo. Durante il getto il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20 , 30 cm in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo. Previa verifica del livello raggiunto utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2,5 metri e massima di 6 metri all'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 metri di pannello. E' prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 m<sup>3</sup>/ora. Il getto di un pannello dovrà comunque essere completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavabile nella zona di defluimento. In presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto, questi dovranno essere alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo. Per nessuna ragione il getto dovrà venire sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sarà proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango di bentonite.

La procedura va ripetuta finché non risultano soddisfatte tutte le predette condizioni.

## 10. ANALISI DEI CARICHI

Per l'opera in oggetto sono state prese in considerazione le spinte statiche e sismiche dei terreni. Le spinte sismiche sono state calcolate alla Wood. Le spinte statiche sono state calcolate assumendo una condizione di spinta a riposo.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<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: 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						

In tutte le tipologie di calcolo è stata presa in considerazione la presenza di un sovraccarico accidentale sulla piazza, dovuto alla presenza di un mezzo d'opera, assunto cautelativamente pari al carico Q1a di normativa ( 4 impronte di carico pari a 150 kN cad.) nella posizione che massimizza gli effetti flessionali e di taglio sull'impalcato e sui piedritti. Tale carico, che risulta dimensionante rispetto alla folla compatta, è stato ripartito nella direzione trasversale per tenere conto della collaborazione delle travi e del comportamento globale a piastra dell'impalcato stesso. Sul solettone di fondazione è stata presa in considerazione la presenza di un sovraccarico permanente dovuto alla sede stradale e un sovraccarico stradale accidentale pari a 20 KN/mq. Nella tipologia scatolare è stato preso in considerazione l'incremento di spinta orizzontale sui piedritti per effetto della compattazione del terrapieno e una variazione termica differenziale, pari a 10°, fra estradosso e intradosso soletta. Le spinte statiche dovute al terrapieno e l'incremento di spinta dovuto al sisma vengono calcolati e tenuti in conto automaticamente dal programma di calcolo utilizzato. Si riportano di seguito solo gli ulteriori carichi che vengono invece assegnati come carichi esterni.

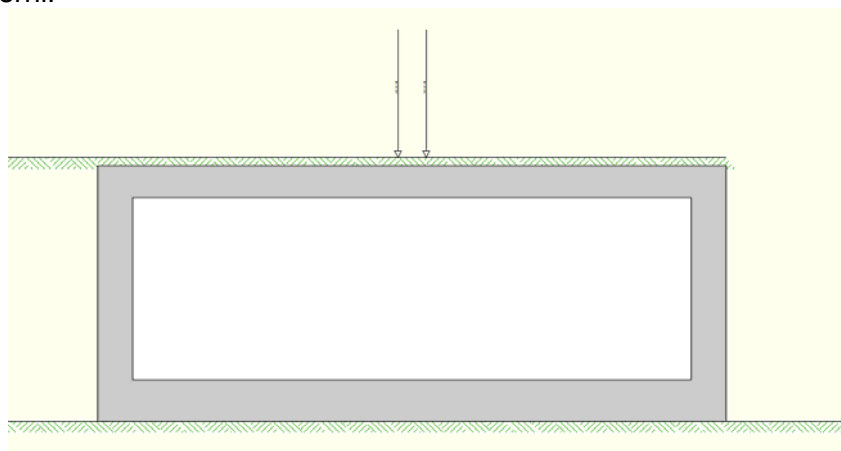


Figura 10.1- Carico tandem sull'impalcato( posizione simmetrica)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<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						

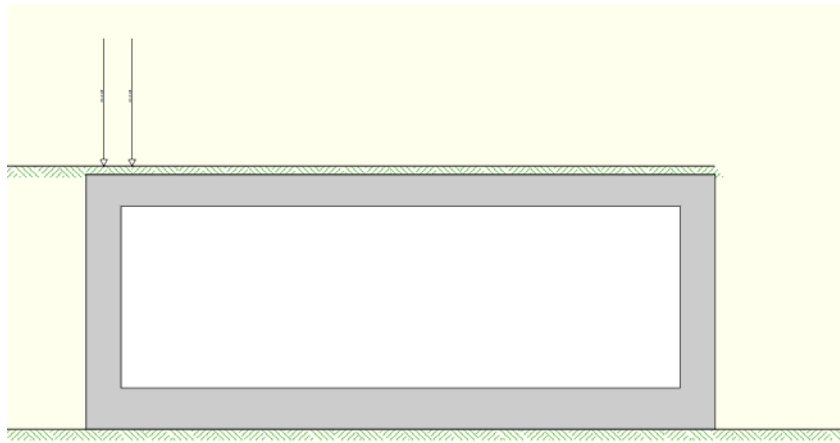


Figura 10.2 – Carico tandem sull'impalcato (posizione asimmetrica)

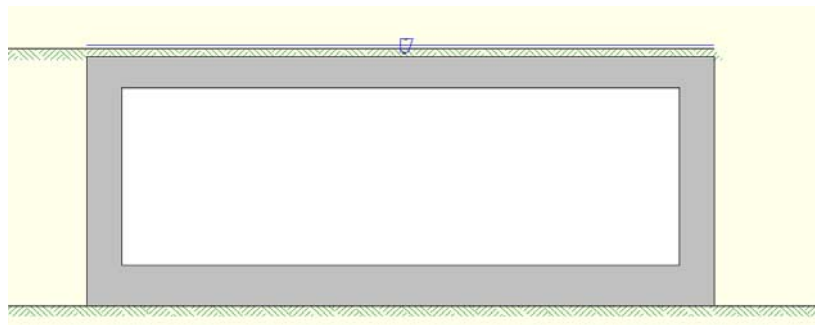


Figura 10.3 – Carichi termici

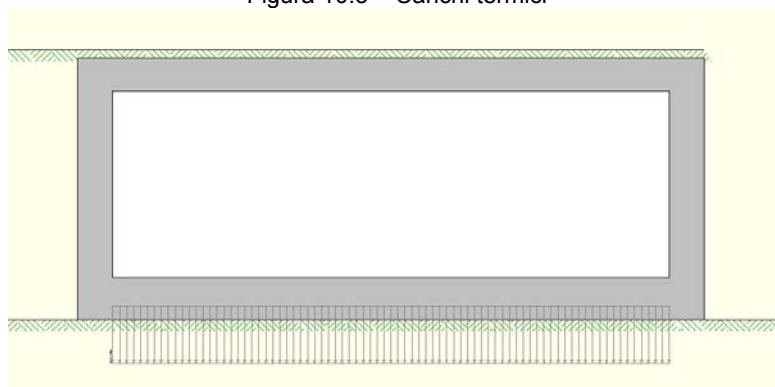




Figura 10.4 – Carico permanente in fondazione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

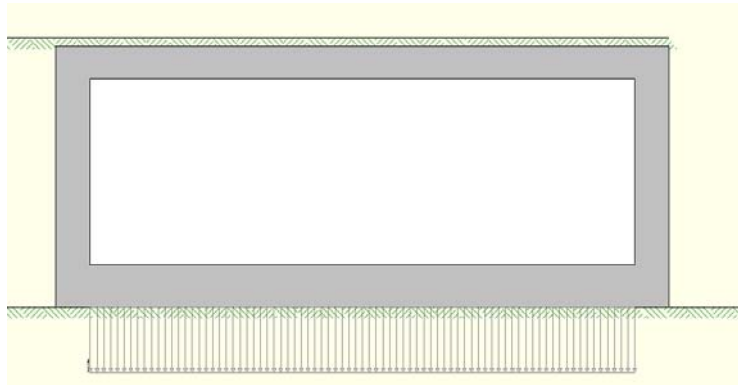


Figura 10.5 – Carico accidentale in fondazione

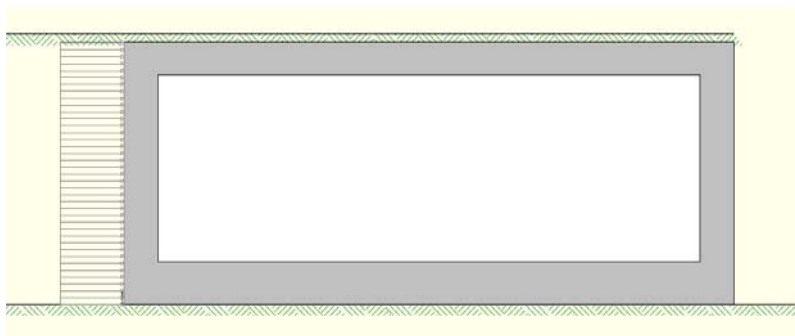


Figura 10.6 – Effetto della compattazione

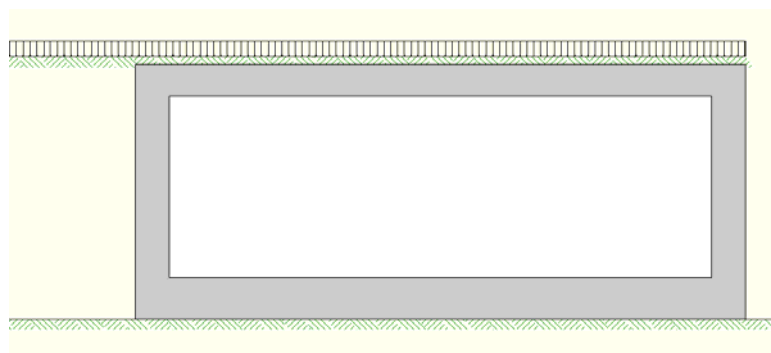


Figura 10.7 – Folla compatta

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Ripartizione del carico Q1a sull'impalcato

Nella ripartizione, cautelativamente, è stato preso in considerazione un numero di travi ridotto, rispetto alla situazione reale. In particolare, dal diagramma complessivo dei coefficienti di ripartizione trasversale, valutati alla Massonnet, si considerano collaboranti solo le 5 travi centrali.

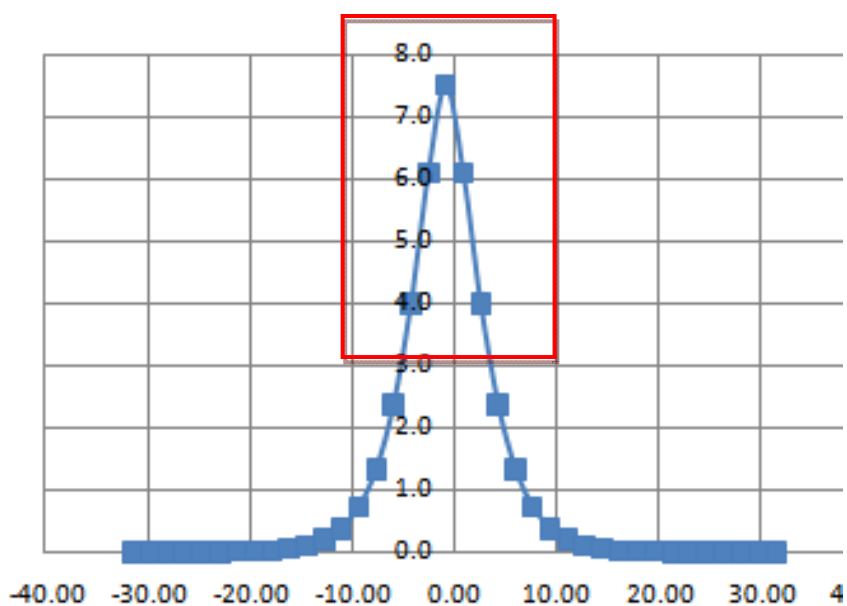


Figura 10.8

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<table border="1"> <tr> <td><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

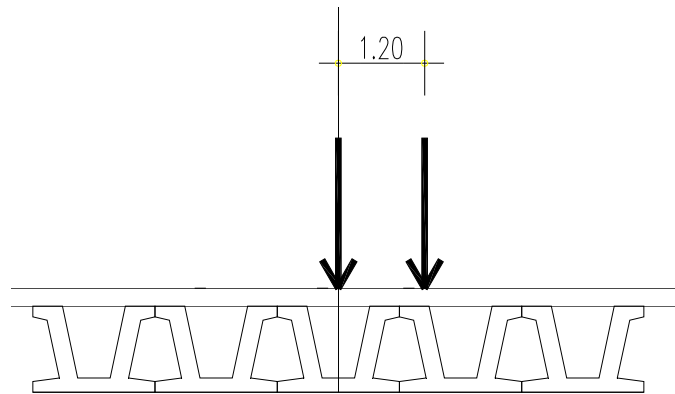


Figura 10.9

n	5	Numero travi
$i_P$	1.7m	Interasse travi
b	4.25m	metà larghezza impalcato (equivalente)
L	24.2m	Luce di calcolo
$i_F$	1m	Interasse traversi
$J_P$	0.3327607m <sup>4</sup>	Momento d'inerzia flessionale della trave (sezione composta)
$J_F$	0.001302m <sup>4</sup>	Momento d'inerzia flessionale del traverso
$J_{TP}$	0.3541932m <sup>4</sup>	Momento d'inerzia torsionale della trave (sezione composta)
$J_{TF}$	0.004387494m <sup>4</sup>	Momento d'inerzia torsionale del traverso
$\nu$	0.2	Coefficiente di Poisson
m	0.919041741	Coefficiente di omogenizzazione getto

$$\theta = \frac{b}{L} \sqrt[4]{\frac{1}{m} \frac{J_P}{J_F} \frac{i_F}{i_P}}$$

0.6280696

$$\alpha = \frac{1}{4(1+\nu)} \left( \frac{J_{TP}}{i_P} + m \frac{J_{TF}}{i_F} \right) \left( m \frac{J_P}{i_P} \frac{J_F}{i_F} \right)^{\frac{1}{2}}$$

1

e[m]=-0.85

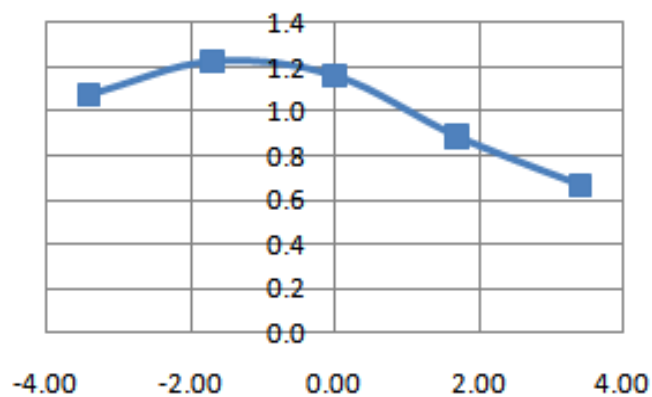
n=5

b[m]=4.25

T1 [kN]=150

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

TRAVE	y	y/b	e/b	ka	ka/n	T1* [kN]
1	-3.40	-0.800	-0.200	1.073	0.215	32.19
2	-1.70	-0.400	-0.200	1.223	0.245	36.70
3	0.00	0.000	-0.200	1.159	0.232	34.78
4	1.70	0.400	-0.200	0.886	0.177	26.57
5	3.40	0.800	-0.200	0.668	0.134	20.04



e[m]=**1.20**

n=5

b[m]=4.25

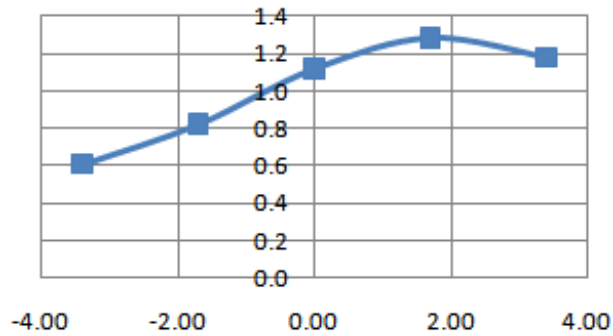
T2 [kN]=**150**

TRAVE	y	y/b	e/b	ka	ka/n	T2* [kN]
1	-3.40	-0.800	0.282	0.607	0.121	18.20
2	-1.70	-0.400	0.282	0.822	0.164	24.66
3	0.00	0.000	0.282	1.119	0.224	33.57
4	1.70	0.400	0.282	1.283	0.257	38.50
5	3.40	0.800	0.282	1.179	0.236	35.37

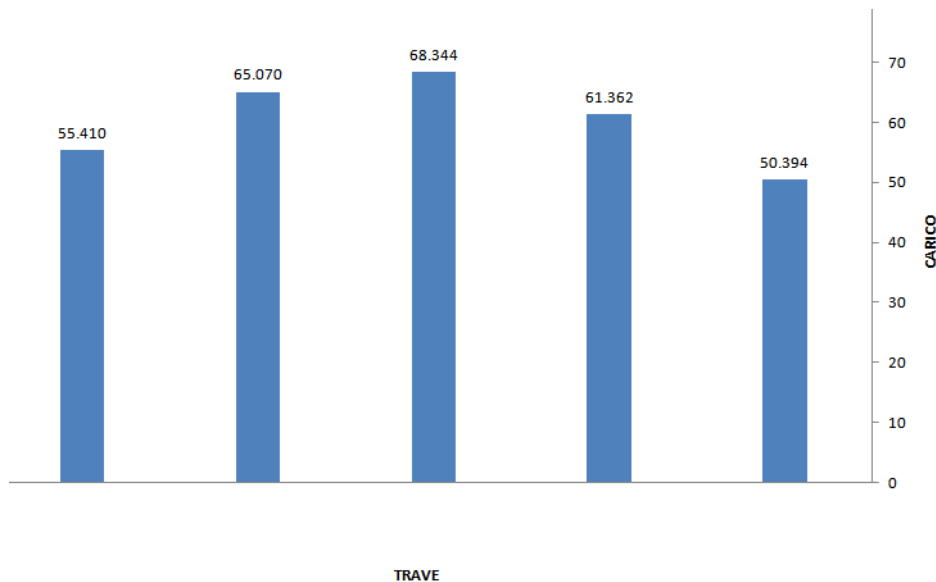
**ASSE 1-2: Galleria artificiale  
dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10**

Codice documento  
CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0

Rev	Data
F0	20/06/2011



TRAVE	y	T1* [kN]	T2* [kN]	T* [kN]
1	-3.40	32.195	18.199	<b>50.394</b>
2	-1.70	36.704	24.657	<b>61.362</b>
3	0.00	34.777	33.567	<b>68.344</b>
4	1.70	26.566	38.504	<b>65.070</b>
5	3.40	20.039	35.371	<b>55.410</b>



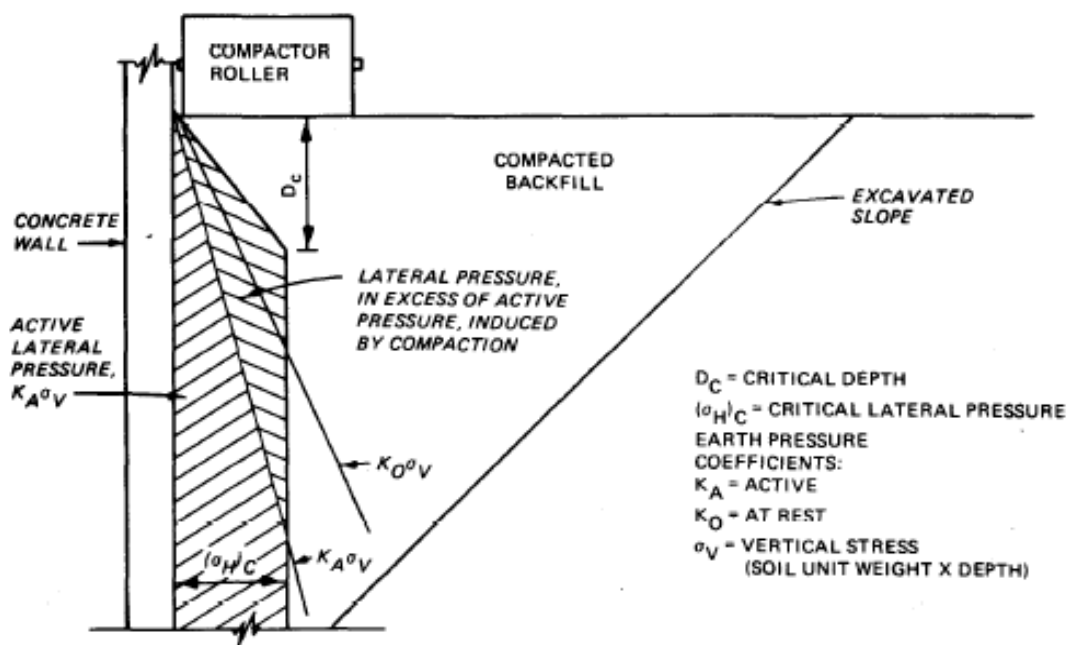
Il carico concentrato applicato è assunto pari a 70 KN per asse.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## Effetto della compattazione

Assumendo come mezzo compattante un rullo da 10 t segue una sovrappressione di compattamento che attinge al suo valore massimo di **20.11 KPa** dalla profondità di circa 60 cm dalla testa dell'opera. Tale carico pertanto potrà essere applicato, cautelativamente, come uniformemente ripartito sul paramento interno.



COMPACTION EQUIPMENT	CRITICAL DEPTH $D_C$ , FT	$(\sigma_H)_C$ , psf
10-TON SMOOTH WHEEL ROLLER	1.9	420
3.2-TON VIBRATORY ROLLER	1.7	400
1.4-TON VIBRATORY ROLLER	1.2	260
400-KG VIBRATORY PLATE	1.5	340
120-KG VIBRATORY PLATE	1.0	240

a. MAXIMUM INDUCED LATERAL PRESSURES

Fig. 10.10 – Effetto della compattazione del terrapieno di monte

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Combinazioni di carico per i conci scatolari

### Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	1.30	1.00	1.30
permanente fondaz	1.50	1.00	1.50
Distorsioni termiche	1.50	1.00	1.50
Azione costipamento	1.50	1.00	1.50

### Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	1.30	1.00	1.30
permanente fondaz	1.50	1.00	1.50
Q soletta	1.50	1.00	1.50
Distorsioni termiche	1.50	1.00	1.50
Accidentale in fondazione	1.50	1.00	1.50
Azione costipamento	1.50	1.00	1.50

### Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Distorsioni termiche	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00

### Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Distorsioni termiche	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Distorsioni termiche	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Distorsioni termiche	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 SLU (Approccio 2)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	1.30	1.00	1.30
Distorsioni termiche	1.50	1.00	1.50
permanente fondaz	1.50	1.00	1.50
Accidentale in fondazione	1.50	1.00	1.50
Q soletta	1.50	1.00	1.50
Azione costipamento	1.50	1.00	1.50

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Combinazione n° 10 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	1.00	1.00	1.00
Distorsioni termiche	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	1.00	1.00	1.00
Distorsioni termiche	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 SLU (Approccio 2)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	1.30	1.00	1.30
Q1a simmetrico	1.50	1.00	1.50
Distorsioni termiche	1.50	1.00	1.50
Accidentale in fondazione	1.50	1.00	1.50
permanente fondaz	1.50	1.00	1.50
Azione costipamento	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 13 SLU (Approccio 2)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	1.30	1.00	1.30
Q1a asimmetrico	1.50	1.00	1.50
Distorsioni termiche	1.50	1.00	1.50
Accidentale in fondazione	1.50	1.00	1.50
permanente fondaz	1.50	1.00	1.50
Azione costipamento	1.50	1.00	1.50

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Combinazione n° 14 SLE (Quasi Permanente)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Q1a simmetrico	1.00	0.20	0.20
Q1a asimmetrico	1.00	0.20	0.20
Distorsioni termiche	1.00	0.20	0.20
Accidentale in fondazione	1.00	0.20	0.20
Q soletta	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 15 SLE (Frequente)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Q1a simmetrico	1.00	0.75	0.75
Q1a asimmetrico	1.00	0.20	0.20
Distorsioni termiche	1.00	0.20	0.20
Accidentale in fondazione	1.00	0.20	0.20
Q soletta	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 16 SLE (Frequente)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Q1a asimmetrico	1.00	0.75	0.75
Q1a simmetrico	1.00	0.20	0.20
Distorsioni termiche	1.00	0.20	0.20
Accidentale in fondazione	1.00	0.20	0.20
Q soletta	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 17 SLE (Frequente)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Distorsioni termiche	1.00	0.75	0.75
Q1a simmetrico	1.00	0.20	0.20
Q1a asimmetrico	1.00	0.20	0.20
Accidentale in fondazione	1.00	0.20	0.20
Q soletta	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 18 SLE (Frequente)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Accidentale in fondazione	1.00	0.75	0.75
Q1a simmetrico	1.00	0.20	0.20
Q1a asimmetrico	1.00	0.20	0.20
Distorsioni termiche	1.00	0.20	0.20
Q soletta	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 19 SLE (Frequente)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Q soletta	1.00	0.75	0.75
Q1a simmetrico	1.00	0.20	0.20
Q1a asimmetrico	1.00	0.20	0.20
Distorsioni termiche	1.00	0.20	0.20
Accidentale in fondazione	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 20 SLE (Rara)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Q1a simmetrico	1.00	1.00	1.00
Q1a asimmetrico	1.00	0.75	0.75
Distorsioni termiche	1.00	0.75	0.75

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Accidentale in fondazione	1.00	0.75	0.75
Q soletta	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 21 SLE (Rara)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Q1a asimmetrico	1.00	1.00	1.00
Q1a simmetrico	1.00	0.75	0.75
Distorsioni termiche	1.00	0.75	0.75
Accidentale in fondazione	1.00	0.75	0.75
Q soletta	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 22 SLE (Rara)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Distorsioni termiche	1.00	1.00	1.00
Q1a simmetrico	1.00	0.75	0.75
Q1a asimmetrico	1.00	0.75	0.75
Accidentale in fondazione	1.00	0.75	0.75
Q soletta	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 23 SLE (Rara)

	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	1.00	1.00	1.00
permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Accidentale in fondazione	1.00	1.00	1.00
Q1a simmetrico	1.00	0.75	0.75
Q1a asimmetrico	1.00	0.75	0.75
Distorsioni termiche	1.00	0.75	0.75
Q soletta	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 24 SLE (Rara)

$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
----------	--------	----------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Peso Proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra permanente fondaz	1.00	1.00	1.00
Azione costipamento	1.00	1.00	1.00
Q soletta	1.00	1.00	1.00
Q1a simmetrico	1.00	0.75	0.75
Q1a asimmetrico	1.00	0.75	0.75
Distorsioni termiche	1.00	0.75	0.75
Accidentale in fondazione	1.00	0.75	0.75



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11. MODELLO DI CALCOLO

### Programmi di calcolo utilizzato

Le analisi dei diaframmi sono state condotte con l'ausilio del codice di calcolo commerciale "Paratie Plus 2011» della Ce.A.S. vers. 9.0.3.3.

Per l'analisi della tipologia scatolare in c.a. è stato utilizzato il codice di calcolo commerciale SCAT 10.0 prodotto dalla Aztec Informatica di Casole Bruzio (CS).

Le verifiche strutturali delle travi in CAP sono state condotte mediante il codice di calcolo non commerciale "ProCap rel.2010" realizzato dalla società di ingegneria – Pro-gineer s.r.l.

### MODELLO DI CALCOLO PER CONCI SCATOLARI

#### Calcolo del carico sulla calotte: Pressione Geostatica

In questo caso la pressione in calotta viene calcolata come prodotto tra il peso di volume del terreno per l'altezza del ricoprimento (Spessore dello strato di terreno superiore). Quindi la pressione in calotta è fornita dalla seguente relazione:

$$P_v = \gamma H$$

Se sul profilo del piano campagna sono presenti dei sovraccarichi, concentrati e/o distribuiti, la diffusione di questi nel terreno avviene secondo un angolo, rispetto alla verticale, pari a 30.00°.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

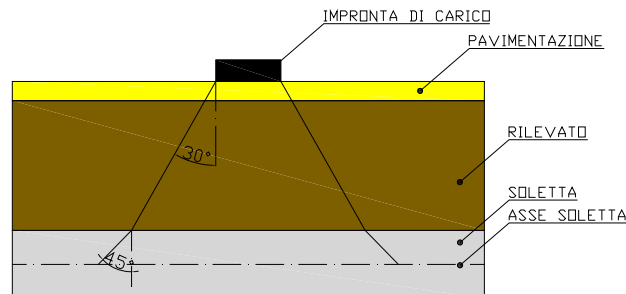


Figura 11.1

### Spinta attiva - Metodo di Coulomb

La teoria di Coulomb considera l'ipotesi di un cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea. Dall'equilibrio del cuneo si ricava la spinta che il terreno esercita sull'opera di sostegno. In particolare Coulomb ammette, al contrario della teoria di Rankine, l'esistenza di attrito fra il terreno e la parete, e quindi la retta di spinta risulta inclinata rispetto alla normale alla parete stesso di un angolo di attrito terra-parete.

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno, di peso di volume  $\gamma$ , su una parete di altezza  $H$ , risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente)

$$S = 1/2\gamma H^2 K_a$$

$K_a$  rappresenta il coefficiente di spinta attiva di Coulomb nella versione riveduta da Muller-Breslau, espresso come

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta) \left[ 1 + \frac{\sqrt{[\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta)]}}{\sqrt{[\sin(\alpha - \delta)\sin(\alpha + \beta)]}} \right]^2}$$

dove  $\phi$  è l'angolo d'attrito del terreno,  $\alpha$  rappresenta l'angolo che la parete forma con l'orizzontale ( $\alpha = 90^\circ$  per parete verticale),  $\delta$  è l'angolo d'attrito terreno-parete,  $\beta$  è l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale. La spinta risulta inclinata dell'angolo d'attrito terreno-parete  $\delta$  rispetto alla normale alla parete. Il diagramma delle pressioni del terreno sulla parete risulta triangolare con il

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

vertice in alto. Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3 H$  rispetto alla base della parete). L'espressione di  $K_a$  perde di significato per  $\beta > \phi$ . Questo coincide con quanto si intuisce fisicamente: la pendenza del terreno a monte della parete non può superare l'angolo di natural declivio del terreno stesso.

Nel caso di terreno dotato di attrito e coesione  $c$  l'espressione della pressione del terreno ad una generica profondità  $z$  vale

$$\sigma_a = \gamma z K_a - 2 c \sqrt{K_a}$$

### Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

### Spinta a Riposo



Si assume che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo.

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione

$$K_0 = 1 - \sin\phi$$

dove  $\phi$  rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfiacco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità  $z$  e la spinta totale sulla parete di altezza  $H$  valgono

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$\sigma = \gamma z K_0 + p_v K_0$$

$$S = 1/2 \gamma H^2 K_0 + p_v K_0 H$$

dove  $p_v$  è la pressione verticale agente in corrispondenza della calotta.

### Spinta in presenza di sisma - Formula di Wood

Spinta del terreno nel caso di strutture rigide.

Nel caso di strutture rigide completamente vincolate, in modo tale che non può svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva, nonché nel caso di muri verticali con terrapieno a superficie orizzontale, l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato come:

$$\Delta P_d = \alpha \gamma H^2$$

$$\alpha = a_g / g * S_s * \beta_m * S_t$$

H è l'altezza sulla quale agisce la spinta. Il punto di applicazione va preso a metà altezza.

### Strategia di soluzione

A partire dal tipo di terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti il programma è in grado di conoscere tutti i carichi agenti sulla struttura per ogni combinazione di carico.

La struttura scatolare viene schematizzata come un telaio piano e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi.

Il terreno di rinfiaccio e di fondazione viene invece schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa.

A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento,  $\mathbf{K}_e$ , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura  $\mathbf{K}$ . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali  $\mathbf{p}$ .

Indicando con  $\mathbf{u}$  il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma

$$\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{p}$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti  $\mathbf{u}$

$$\mathbf{u} = \mathbf{K}^{-1} \mathbf{p}$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sullo scatolare. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

## Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

### Metodo di Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Dove:

$A' = B' L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<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: 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						

$c_u$  Coesione non drenata.

$q$  pressione litostatica totale sul piano di posa.

$s_c$  Fattore di forma

$s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$  per fondazioni rettangolari

$s_c = 1,2$  per fondazioni quadrate o circolari.

$i_c$  Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$$i_c = 0,5 \left( 1 + \sqrt{1 - H / A' c_u} \right)$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45 + \phi' / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi'$$

#### Fattori di forma:

$$s_q = 1 + (B'/L') \sin \phi' \text{ per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \sin \phi' \text{ per forma quadrata o circolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L') \text{ per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 0,7 \text{ per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \text{ per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

#### Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a L':

$$i_q = i \cdot = 1 - H / (V + A' c' \cot \cdot')$$

$$i_c = (i_q N_q - 1) / (N_q - 1)$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B':

$$i_q = [1 - 0,7H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^3$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

## MODELLO DI CALCOLO PER I DIAFRAMMI

### Calcolo delle spinte delle terre

Il metodo utilizzato dal software di calcolo può lavorare sia con superfici del terreno inclinate caratterizzate da un unico angolo di inclinazione sia con profili complessi. Il programma individua automaticamente quale condizione utilizzare. Per inclinazioni caratterizzate da un unico angolo Paratie plus applica i coefficienti di spinta attiva e passiva di Rankine.

Per un terreno caratterizzato da una superficie il cui andamento non possa essere descritto attraverso un unico angolo di inclinazione, Paratie Plus combina le soluzioni a partire da una situazione caratterizzata da un unico angolo di inclinazione utilizzando il metodo dei cunei. Le spinte sono generate attraverso due successivi step:

a) nel primo step, le pressioni sono generate fingendo che la superficie del terreno sia orizzontale;

b) successivamente le pressioni del terreno sono moltiplicate per il rapporto tra la forza totale orizzontale, calcolata attraverso il metodo dei cunei, e quella generata dalla soluzione relativa al caso di superficie orizzontale. Questo procedimento si sviluppa in modo incrementale su tutti i nodi della paratia sommando le forze lungo tutta la sua lunghezza. L'angolo d'attrito terra-muro, qualora esiste, viene ignorato quando viene applicato il metodo dei cunei, ma viene tenuto in conto quando si calcolano le pressioni nel caso di superficie del terreno orizzontale con Coulomb.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> <i>Data</i> F0        20/06/2011

Questo approccio non rispecchia esattamente la soluzione teorica ottenuta col metodo dei cunei. Comunque, si preferisce rispetto ad altri metodi poiché risulta più facile, con una procedura di ricerca iterativa dei cunei, individuare il più critico. Così, quando a partire da una cambiamento della forza totale laterale si devono dedurre le pressioni attive e passive, si può facilmente verificare una discontinuità nelle pressioni laterali. Quindi, ridistribuendo la soluzione, è possibile costruire un involucro di pressioni attive e passive più omogeneo. Nella maggior parte dei casi, tale involucro delle pressioni del terreno è molto vicino alla soluzione critica effettiva calcolata col metodo dei cunei. Il metodo dei cunei implementato nel software è illustrato nelle seguenti figure.

Durante l'applicazione del metodo dei cunei non sono considerati i sovraccarichi poiché le pressioni dovute al sovraccarico si derivano separatamente usando la teoria dell'elasticità ormai largamente accettata.

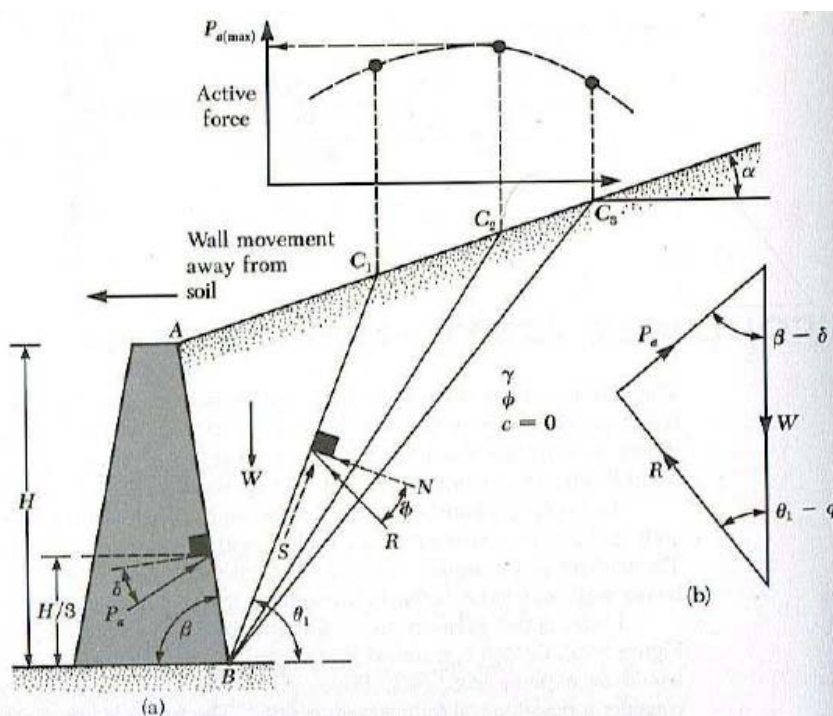



Fig. 11.3 -Ricerca del cuneo di spinta attiva col metodo dei cunei



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

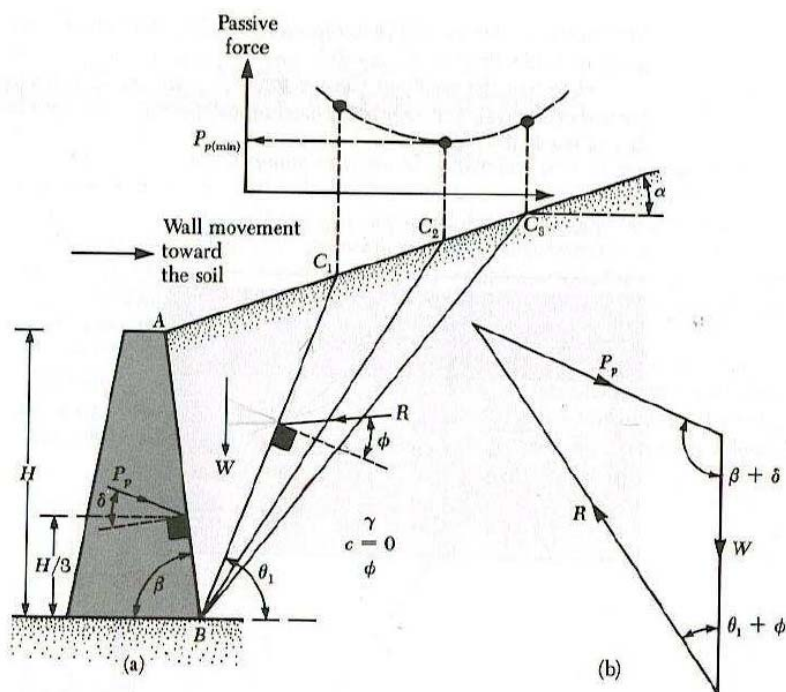


Fig. 11.4- Ricerca del cuneo di spinta passiva col metodo dei cunei



### Modellazione sovra-pressioni sismiche

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma, il software include le pressioni sismiche calcolate con il metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana). Tale metodo risulta applicabile in quanto le deformazioni della struttura permettono l'instaurarsi di un regime di spinta attiva. La spinta di Mononobe - Okabe è definita come segue:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K_{A,E} H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

ove  $E_{ws}$  = spinta statica dell'acqua e  $E_{wd}$  = spinta dinamica dell'acqua.

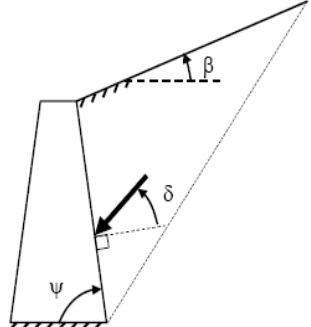
I coefficienti di spinta attiva e passiva sono dati dalle espressioni riportate nel seguente specchio:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

**CONDIZIONI DI SPINTA ATTIVA**

$\beta \leq \phi - \theta$ : 
$$K_{AE} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \text{sen}^2\psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta)\text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta)\text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad (3-6)$$

$\beta > \phi - \theta$ : 
$$K_{AE} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \text{sen}^2\psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

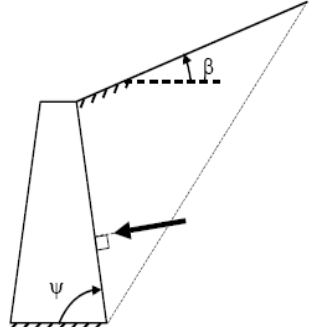


---

**CONDIZIONI DI SPINTA PASSIVA**

$$K_{PE} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \text{sen}^2\psi \text{sen}(\psi + \theta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi) \cdot \text{sen}(\phi + \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi + \beta) \cdot \text{sen}(\psi + \theta)}} \right]^2} \quad (\text{EC8 con } (3-7)$$

$\delta = 0^\circ$ <sup>17</sup>



Operando nell'ambito del metodo agli stati limite (secondo Eurocodici e NTC2008) nelle formule precedenti va introdotto l'angolo d'attrito di calcolo:

$$\text{Tan}(\phi_d) = \frac{\text{Tan}(\phi_k)}{\gamma_M}$$

Come valore di H si considera l'altezza di scavo. Come valore di  $\gamma^*$  si possono considerare i seguenti casi:

- terreno asciutto:

$$\gamma^* = \gamma$$

$$\text{Tan} \theta = \frac{F_h}{F_v} = \frac{k_h \cdot V \cdot \gamma_d}{(1 \pm k_v) \cdot V \cdot \gamma_d} = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

$$E_{ws} = E_{wd} = 0$$

- terreno saturo dinamicamente impervio:  $\gamma^* = \gamma'$  (peso sommerso) non si considera la spinta dinamica dell'acqua ( $E_{wd} = 0$ ).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$$\gamma^* = \gamma'$$

$$\tan \theta = \frac{F_h}{F_v} = \frac{k_h \cdot V \cdot \gamma_{sat}}{(1 \pm k_v) \cdot V \cdot \gamma'} = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma'} \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

$$E_{ws} = \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

$$E_{wd} = 0$$

- terreno saturo dinamicamente permeabile:  $\gamma^* = \gamma'$  (peso sommerso), in questo caso occorre considerare anche il carico dovuto alla spinta dinamica dell'acqua (H' altezza della freatica dal piede del muro).

$$\gamma^* = \gamma'$$

$$\tan \theta = \frac{F_h}{F_v} = \frac{k_h \cdot V \cdot \gamma_d}{(1 \pm k_v) \cdot V \cdot \gamma'} = \frac{\gamma_d}{\gamma'} \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

$$E_{ws} = \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H'^2$$



Nelle quali è:

$$k_h = \text{Coefficiente sismico orizzontale} = \frac{a_g}{g} \frac{S}{r}$$

$$k_v = \text{Coefficiente sismico verticale} = \begin{cases} \pm \frac{1}{2} k_h & \text{se } \frac{a_{vg}}{g} > 0.6, \\ \pm \frac{1}{3} k_h & \text{se } \frac{a_{vg}}{g} \leq 0.6 \end{cases}$$

$$\theta = \text{Inclinazione del diaframma rispetto alla verticale}$$

la spinta sismica viene ridistribuita come prescritto da Seed & Whitman (1970) secondo un andamento trapezoidale del quale la risultante viene applicata ad una distanza di 0.6H rispetto al

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

piede del diaframma (o al fondo scavo). Di conseguenza le pressioni in corrispondenza della sommità e del piede del diaframma risultano uguali a:

$$q_{EQ, TOP} = \frac{1.6 \cdot F_{EQ}}{H}$$

$$q_{EQ, BOTTOM} = \frac{0.4 \cdot F_{EQ}}{H}$$

Il software applica queste pressioni come carichi esterni.

L'inerzia della paratia viene calcolata dal software attraverso la relazione:

$$q_{EQInertiaTOP} = q_{EQInertiaBOTTOM} = \frac{\text{wall dead load}}{\text{Unit length}} \cdot \alpha_X$$

Che viene applicata come carico esterno.

### Analisi ad elementi finiti delle paratie

I diaframmi vengono rappresentati come elementi trave il cui comportamento flessionale è definito dalla rigidezza flessionale EJ, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

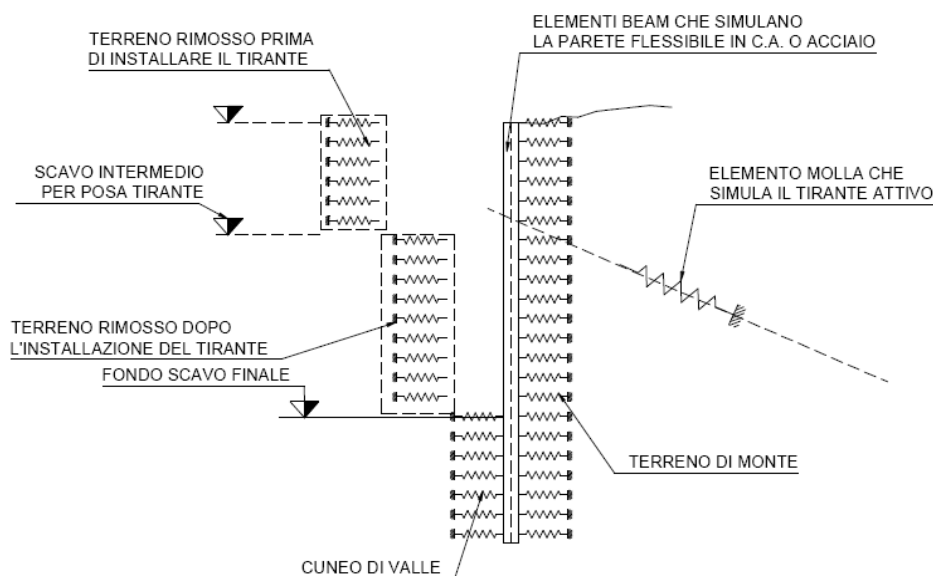


Figura 11.5

Con questo modello di calcolo la realizzazione dello scavo sostenuto da paratie tirantate, viene seguita in tutte le varie fasi. L'analisi con il modello ad elementi finiti è quindi un'analisi "Statica Incrementale": ogni passo coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una distribuzione di carichi applicati. Poichè il comportamento degli elementi finiti (terreno) è di tipo elastoplastico inelastico (NOVA R., BECCI B. "A method for analysis ad design for flexible retaining structures" – 1987), ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti: lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo step di carico condiziona la risposta della struttura negli step successivi.

I parametri che caratterizzano il modello possono essere divisi in due classi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , il coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e il coefficiente di spinta passiva  $K_p$ . I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle.

Le due componenti di sforzo verticale ed orizzontale vengono intese come sforzi principali. Viene

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

definita una funzione di plasticità dipendente da esse, e la funzione anzidetta determina i confini di una regione entro la quale è determinato lo stato tensionale.

A seconda dello stato in cui l'elemento si trova, esso reagisce con differenti caratteristiche di rigidità.

Sono possibili tre situazioni:

Fase elastica : l'elemento si comporta elasticamente; questa fase corrisponde ad una porzione di terreno in fase di scarico-ricarico, sollecitato a livelli di sforzo al di sotto dei massimi livelli precedentemente sperimentati. Questa fase viene identificata con la sigla UL-RL (Unloading-Reloading).

Fase inrudente : l'elemento viene sollecitato a livelli di tensione mai ancora sperimentati. La fase inrudente è identificata dalla sigla V - C (Virgin Compression)

Collasso : il terreno è sottoposto ad uno stato di sollecitazione coincidente con i limiti minimo o massimo dettati dalla resistenza del materiale. Questa fase corrisponde a quelle che solitamente vengono chiamate condizioni di spinta attiva o passiva. Il collasso viene identificato attraverso la parola Active o Passive.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011


### Sistemi di riferimento e convenzioni

Le coordinate, i carichi, i cedimenti, le reazioni vincolari e gli spostamenti dei NODI sono riferiti ad una terna destra cartesiana globale con l'asse Z verticale rivolto verso l'alto e l'asse Y verso destra.

L'analisi delle sezioni trasversali della paratia ai fini della verifica viene eseguita considerando il sistema di riferimento riportato nella figura seguente:

- asse X coincidente con l'asse dell'asta e con verso dal nodo iniziale al nodo finale;
  - immaginando la trave a sezione rettangolare l'asse Y è parallelo alla base e l'asse Z è parallelo all'altezza. La rotazione dell'asta comporta quindi una rotazione di tutta la terna locale.
- Le convenzioni utilizzate per le sollecitazioni sugli elementi BEAM della paratia sono le seguenti:



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**ELEMENTO TRUSS**

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. STRESS : SPORZO

**ELEMENTO BEAM (vedi figura 11-1)**

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO  
(tutti per unità di profondità)

**ELEMENTO ELPL (MOLLA ELASTOPLASTICA)**

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. PLASTIC: DEFORMAZIONE PLASTICA

**ELEMENTO WIRE (TIRANTE)**

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

**ELEMENTO CELAS (MOLLA ELASTICA)**

1. FORCE : FORZA NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ
2. MOMENT : MOMENTO NELL'ELEMENTO PER UNITÀ DI PROFONDITÀ

**ELEMENTO SLAB (SOLETTA FRA DUE PARETI)**

1. VA : TAGLIO AL PRIMO ESTREMO
2. VB : TAGLIO AL SECONDO ESTREMO
3. MA : MOMENTO AL PRIMO ESTREMO
4. MB : MOMENTO AL SECONDO ESTREMO
5. AXIAL : AZIONE ASSIALE  
(tutti per unità di profondità)

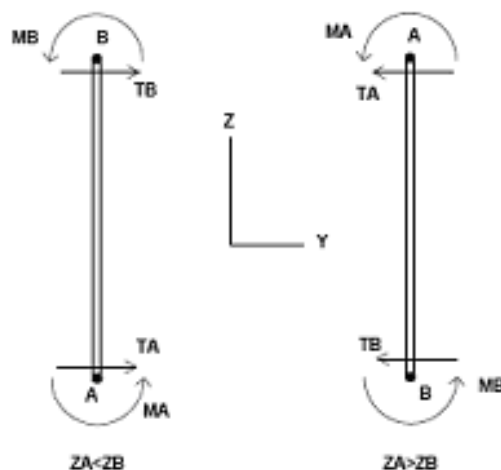


Figura 11-1: convenzioni di segno per l'elemento BEAM

Figura 11.8

## MODELLO DI CALCOLO IMPALCATO

L'impalcato viene realizzato con travi in semplice appoggio collaboranti tra loro grazie all'azione della soletta. Esso si presenta quindi come una lastra appoggiata sui lati opposti e che presenta una forte ortotropia. I carichi verranno applicati direttamente sulla trave di calcolo come uniformemente ripartiti.

Il sisma verticale è stato trascurato in quanto non dimensionante per la struttura in esame.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



## CALENDARIO DELLA TRAVE IN CAP

La copertura sarà realizzata con travi prefabbricate in stabilimento e precomprese col sistema delle armature pretese costituite da trefoli in acciaio trafilato: esse saranno atte, dopo il loro collegamento trasversale ed il successivo getto della soletta formante l'estradosso dell'impalcato medesimo, al sostentamento dei carichi permanenti dovuti al ritombamento e ai Sovraccarichi Accidentali.

Nelle pagine che seguono verrà dimostrato che, in corrispondenza ad un numero sufficiente di sezioni, ogni fase di sollecitazione, sia pure provvisoria, comporta per i materiali impiegati tassi di lavoro compatibili con le loro resistenze dichiarate in ottemperanza alla vigente normativa. Si individuano le seguenti fasi di calcolo delle travi:

FASE	T[gg]	Schema	Struttura	Nome fase
1	4	RILASCIO	Trave	Maturazione cls trave
2	5	RILASCIO	Trave	Rilascio armature di precompressione
3	6	SOLLEVAMENTO	Trave	Sollevamento della trave
4	15	STOCCAGGIO	Trave	Stoccaggio della trave
5	30	TRASPORTO	Trave	Trasporto della trave
6	36	ESERCIZIO	Trave	Messa in opera della trave
7	40	ESERCIZIO	Trave	Permanenti di I fase
8	46	ESERCIZIO	Trave+Sol.	Maturazione soletta
9	60	ESERCIZIO	Trave+Sol.	Permanenti di II fase
10	30000	ESERCIZIO	Trave+Sol.	Permanenti + accidentali di III fase

- Tempo di maturazione calcestruzzo trave:	4 gg
- Tempo di maturazione calcestruzzo soletta:	46 gg
- Correzione tempo di maturazione calcestruzzo trave:	4 gg
- Correzione tempo di maturazione calcestruzzo soletta:	1 gg
- Correzione rilassamento delle armature di precompressione:	0 gg
- Inizio fenomeni di ritiro trave:	1gg

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><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						

- Inizio fenomeni di ritiro soletta: 1 gg
- Inizio fenomeni di viscosità trave: 4 gg
- Inizio fenomeni di viscosità soletta: 1 gg

## VERIFICA DELLA TRAVE

La precompressione delle travi dell'impalcato viene realizzata attraverso trefoli pre-tesi.

La tensione iniziale di tesatura è di 1400 MPa per i trefoli inferiori, mentre è di 1200 MPa per i trefoli superiori. L'area del singolo trefolo è di 139 mmq. La precompressione degli elementi avviene totalmente in stabilimento.

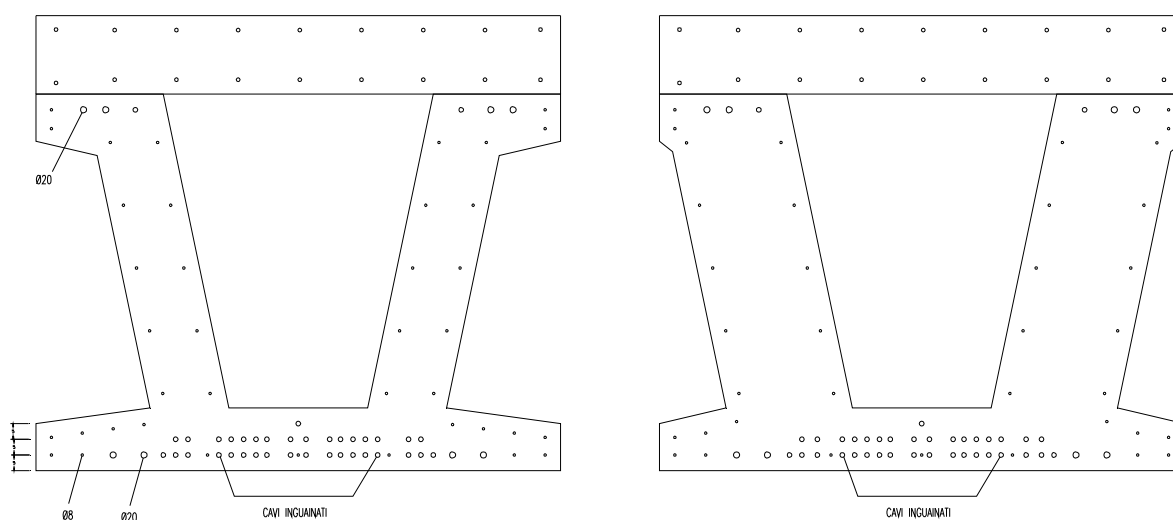


Fig. 11.9- Armatura trave in cap: sezione corrente e di testata

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## VARIAZIONE NEL TEMPO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO

Al tempo  $t$  di applicazione del carico, espresso in giorni, in accordo con quanto prescritto dalle norme tecniche e dagli eurocodici, la resistenza sviluppata risulta essere:

$$f_{cm}(t) = f_{cm} \times \beta_{cc}(t) \quad \text{con} \quad \beta_{cc}(t) = e^{[s(1-5.3/\sqrt{t})]}$$

$s=0.25$  per cemento ad indurimento rapido o normale.

## VARIAZIONE NEL TEMPO DEI MODULI ELASTICI DEL CALCESTRUZZO

Per l'evoluzione del modulo di elasticità nel tempo si è considerata la relazione, con quanto prescritto dalle norme tecniche e dagli eurocodici:

$$E_c(t) = \beta_E(t) E_C$$

dove :

$E_c(t)$  modulo elastico a  $t$  giorni di maturazione;

$E_C$  modulo elastico a 28 g.

$\beta_E(t) = [\beta_{cc}(t)]^{0.5}$  con  $\beta_{cc}(t) = e^{[s(1-5.3/\sqrt{t})]}$  definito precedentemente.

## VARIAZIONE NEL TEMPO DELLA VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO

Il coefficiente di viscosità viene calcolato dal programma stesso con quanto prescritto dalle norme tecniche e dagli eurocodici:

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0)$$

essendo:

- $t$  età del calcestruzzo al tempo considerato
- $t_0$  età del calcestruzzo alla applicazione del carico
- $\beta_c$  coefficiente che descrive l'evoluzione della viscosità nel tempo
- $\phi_0$  coefficiente di viscosità finale

si ha inoltre:

$$\phi_0 = \phi_{RH} \beta(f_{cm}) \beta(t_0)$$

dove:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: center;"><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						

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1 + RH/100}{0.1 \times \sqrt[3]{h_0}} \quad \beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} \quad \beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}}$$

dove:

RH = umidità relativa

$f_{cm}$  = resistenza media a compressione del calcestruzzo a 28gg

$$h_0 = \frac{2A}{u}$$

di cui:

A = area della sezione trasversale (soletta + trave corrente)

u = perimetro a contatto con l'atmosfera

$$\beta_c(t - t_0) = \left( \frac{t - t_0}{\beta_H + (t - t_0)} \right)^{0.3}$$

$$\beta_H = 1.5 \times [1 + (0.012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 \leq 1500$$

Nei calcoli si è assunta :

RH = 80%

## VARIAZIONE NEL TEMPO DEL RITIRO DEL CALCESTRUZZO

La deformazione per ritiro viene calcolata con quanto prescritto dalle norme tecniche e dagli eurocodici:

$$\varepsilon_{cs}(t, t_s) = \varepsilon_{cs0} \beta_s(t - t_s)$$

essendo :

$\varepsilon_{cs0}$  il coefficiente di ritiro nominale

t l'età del calcestruzzo in giorni

$t_s$  l'età del calcestruzzo all'inizio del ritiro



Il coefficiente di ritiro nominale  $\varepsilon_{cs0}$  può essere ottenuto dalla formula:

$$\varepsilon_{cs0} = \varepsilon_s(f_{cm}) \times \beta_{RH} \text{ con}$$

$$\varepsilon_s(f_{cm}) = [160 + \beta_{sc}(90 - f_{cm})] \cdot 10^{-6} \text{ dove}$$

$f_{cm}$  = resistenza media a compressione del calcestruzzo a 28gg

$\beta_{sc}$  = coefficiente che dipende dal tipo di cemento ( =5 per cemento ad indurimento rapido o normale)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per una umidità relativa RH compresa tra il 40% e il 99%

$$\beta_{RH} = 1.55 \times \beta_{sRH}$$

$$\text{con } \beta_{sRH} = 1 - \left( \frac{RH}{100} \right)^3$$

L'evoluzione del ritiro nel tempo avviene secondo la relazione

$$\beta_s(t - t_s) = \left( \frac{t - t_s}{0.035 \times h_0^2 + t - t_s} \right)^{0.5}$$

dove  $h_0$  è stato definito per la viscosità.

## PERDITE DI CARICO PER RILASSAMENTO DELL'ACCIAIO

Si fa riferimento a quanto prescritto dalle norme tecniche e dagli eurocodici,:

$$\rho_t = \rho_{1000} \left( \frac{t}{1000} \right)^k$$

In cui:

$\rho_{1000}$  = percentuale di rilassamento a 1000 ore

$\rho_t$  = rilassamento a t ore

k = parametro dipendente dal tipo di acciaio

dove si assume:

$$\rho_{1000} = 2.0\%$$

$$k = 0.19 \text{ (acciaio in trefoli a rilassamento ridotto)}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## COMBINAZIONI DI CARICO

### - Combinazione n°1 - F2.SLU

- Fase costruttiva: 2 - Rilascio armature di precompressione

- Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
-----		
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.35	PP TRAVE
-----		

### - Combinazione n°2 - F3.SLU

- Fase costruttiva: 3 - Sollevamento della trave

- Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
-----		
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.62	PP TRAVE
-----		

### - Combinazione n°3 - F4.SLU

- Fase costruttiva: 4 - Stoccaggio della trave

- Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
-----		
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.35	PP TRAVE
-----		

### - Combinazione n°4 - F5.SLU

- Fase costruttiva: 5 - Trasporto della trave

- Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
-----		
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.62	PP TRAVE
-----		

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 
- **Combinazione n°5 - F6.SLU**
  - **Fase costruttiva: 6 - Messa in opera della trave**
  - Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.35	PP TRAVE

-----

- **Combinazione n°6 - F7.SLU**
- **Fase costruttiva: 7 - Permanenti di I fase**
- Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.35	PP TRAVE
3	1.35	PP SOLETTA

-----

- **Combinazione n°7 - F8.SLU**
- **Fase costruttiva: 8 - Maturazione soletta**
- Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.35	PP TRAVE
3	1.35	PP SOLETTA

-----

- **Combinazione n°8 - F9.SLU**
- **Fase costruttiva: 9 - Permanenti di II fase**
- Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.35	PP TRAVE
3	1.35	PP SOLETTA
4	1.35	PESO FINITURE



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

-----  
**- Combinazione n°9 - F2.SLE**

**- Fase costruttiva: 2 - Rilascio armature di precompressione**

- Tipo di verifica: SLE

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1	PP TRAVE

-----

**- Combinazione n°10 - F3.SLE**

**- Fase costruttiva: 3 - Sollevamento della trave**

- Tipo di verifica: SLE

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.2	PP TRAVE

-----

**- Combinazione n°11 - F4.SLE**

**- Fase costruttiva: 4 - Stoccaggio della trave**

- Tipo di verifica: SLE

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1	PP TRAVE

-----

**- Combinazione n°12 - F5.SLE**

**- Fase costruttiva: 5 - Trasporto della trave**

- Tipo di verifica: SLE

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.2	PP TRAVE

-----

**- Combinazione n°13 - F6.SLE**

**- Fase costruttiva: 6 - Messa in opera della trave**

- Tipo di verifica: SLE

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1	PP TRAVE

- **Combinazione n°14 - F7.SLE**  
- **Fase costruttiva: 7 - Permanenti di I fase**  
- Tipo di verifica: SLE

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1	PP TRAVE
3	1	PP SOLETTA

- **Combinazione n°15 - F8.SLE**  
- **Fase costruttiva: 8 - Maturazione soletta**  
- Tipo di verifica: SLE

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1	PP TRAVE
3	1	PP SOLETTA

- **Combinazione n°16 - F9.SLE**  
- **Fase costruttiva: 9 - Permanenti di II fase**  
- Tipo di verifica: SLE

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1	PP TRAVE
3	1	PP SOLETTA
4	1	PESO FINITURE

- **Combinazione n°17 - F10.SLU**  
- **Fase costruttiva: 10 - Permanenti + accidentali di III fase**  
- Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
----	--------	------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.35	PP TRAVE
3	1.35	PP SOLETTA
4	1.35	PESO FINITURE
5	1.35	CARICHI MOBILI CAMPATA

**- Combinazione n°18 - F11.SLU**

- Fase costruttiva: 10 - Permanenti + accidentali di III fase
- Tipo di verifica: SLU

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1.35	PP TRAVE
3	1.35	PP SOLETTA
4	1.35	PESO FINITURE
6	1.35	CARICHI MOBILI APPOGGIO

**- Combinazione n°19 - F12.SLE**



- Fase costruttiva: 10 - Permanenti + accidentali di III fase
- Tipo di verifica: SLE

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1	PP TRAVE
3	1	PP SOLETTA
4	1	PESO FINITURE
5	1	CARICHI MOBILI CAMPATA

**- Combinazione n°20 - F13.SLE**

- Fase costruttiva: 10 - Permanenti + accidentali di III fase
- Tipo di verifica: SLE

N°	Coeff.	Condizione
1	1	PRECOMPRESSIONE
2	1	PP TRAVE
3	1	PP SOLETTA
4	1	PESO FINITURE

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6                    1                    CARICHI MOBILI APPOGGIO

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12. RISULTATI DI CALCOLO

### GALLERIA SCATOLARE

Si riassumono di seguito i principali risultati di calcolo.

	M [kNm]	Comb.	T [kN]	Comb.	N [kN]	Comb.
Fondazione	3367.50	( 3 )	971.96	( 12 )	508.49	( 4 )
Piedritto sinistro	-2896.19	( 3 )	1172.67	( 4 )	996.53	( 13 )
Piedritto centrale	---	---	---	---	---	---
Piedritto destro	3016.89	( 3 )	661.03	( 3 )	1026.41	( 12 )
Traverso	-2545.32	( 3 )	-560.85	( 12 )	563.70	( 5 )

Figura 12.1 Sollecitazioni massime

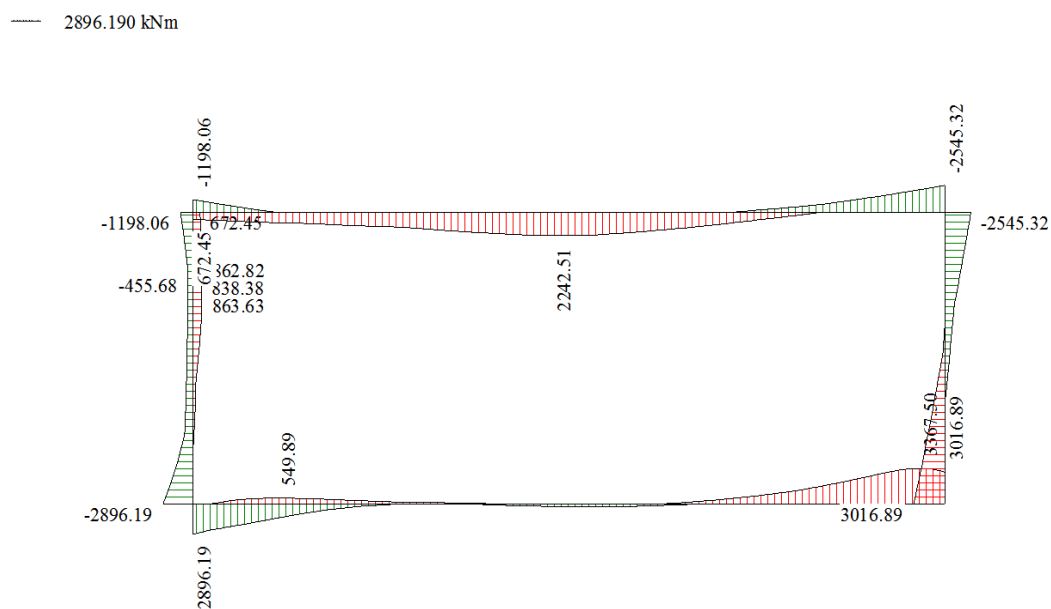


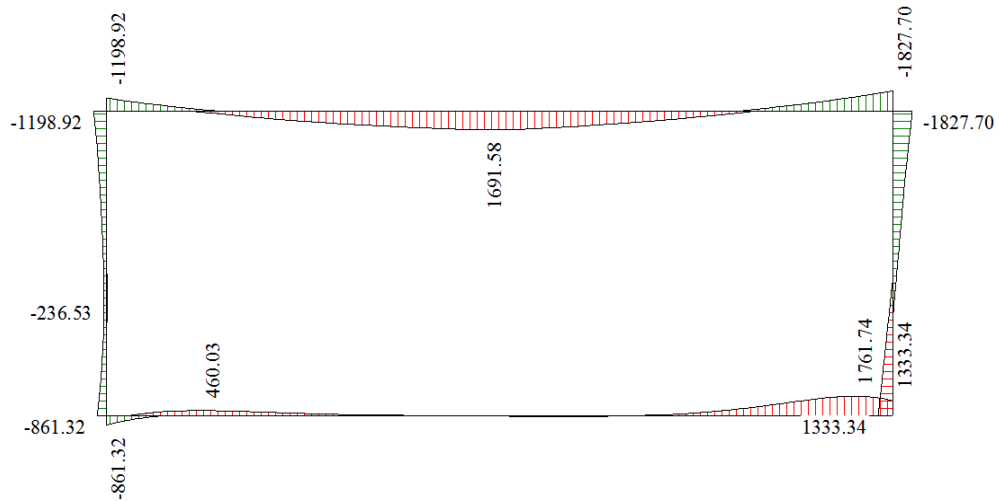


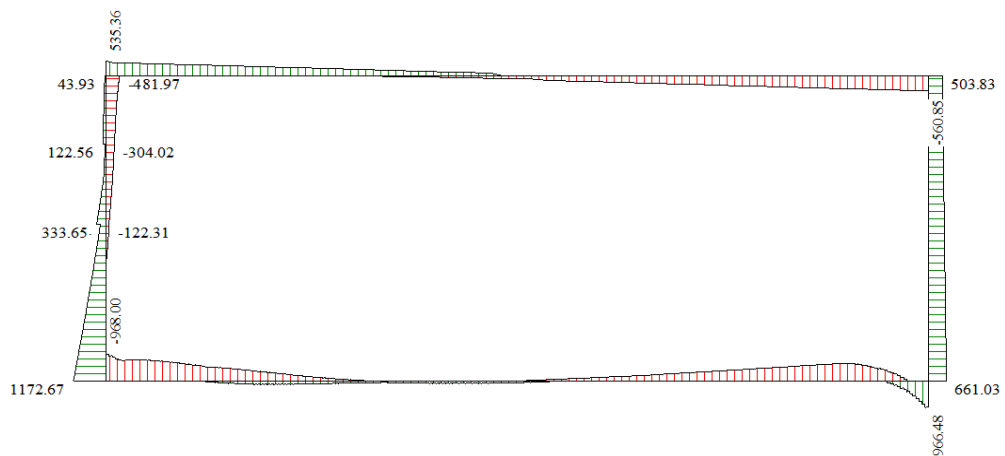
figura 12.2 - Involuppo momenti allo SLU

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



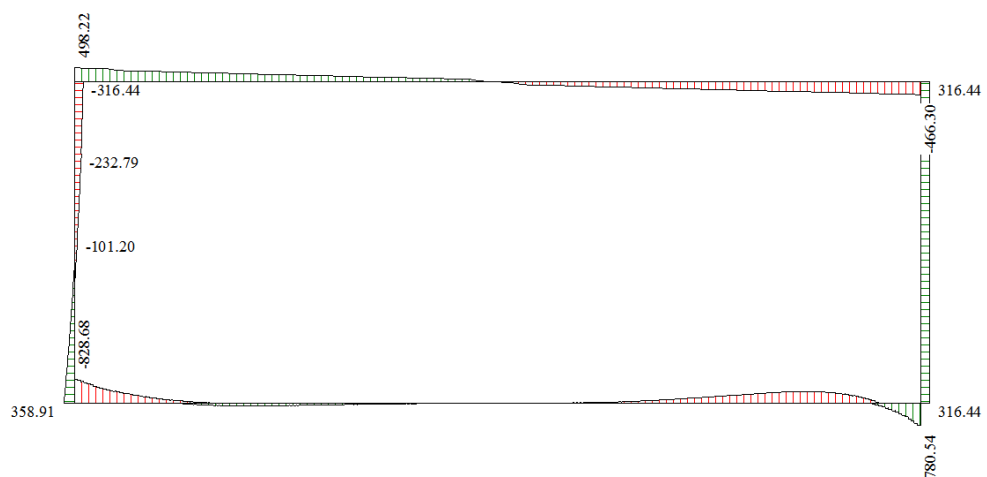
**Figura 12.3 - Involuppo momenti allo SLE**

----- 1172.675 kN

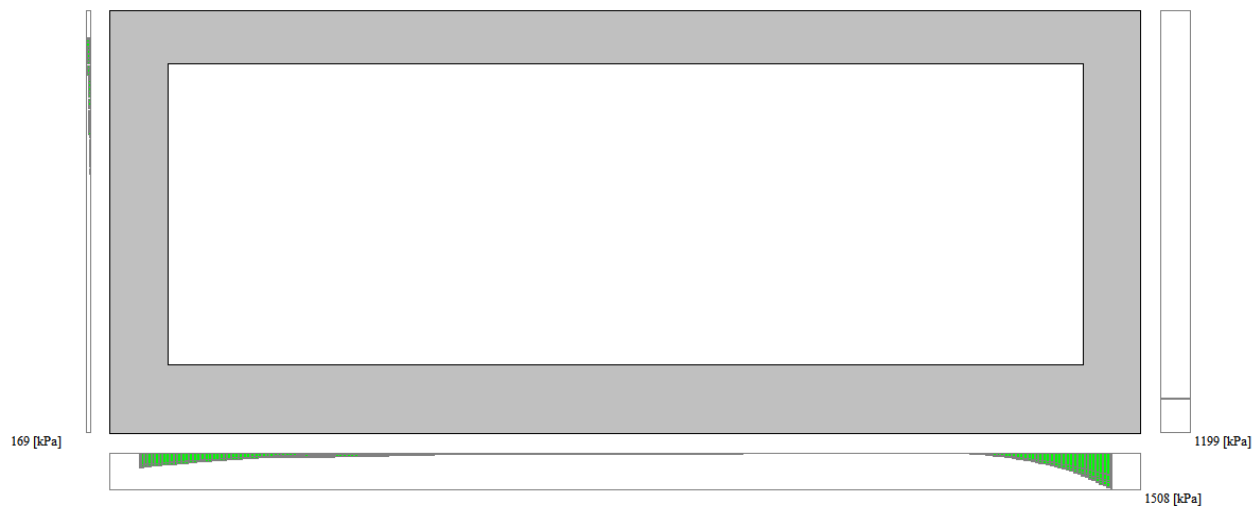


**Figura 12.4 - Involuppo taglio allo SLU**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



**Figura 12.5 - Inviluppo taglio allo SLE**



**Figura 12.6 - Inviluppo pressioni in fondazione (Pmax=1508 KPa)**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Inviluppo spostamenti nodali

### Inviluppo spostamenti fondazione

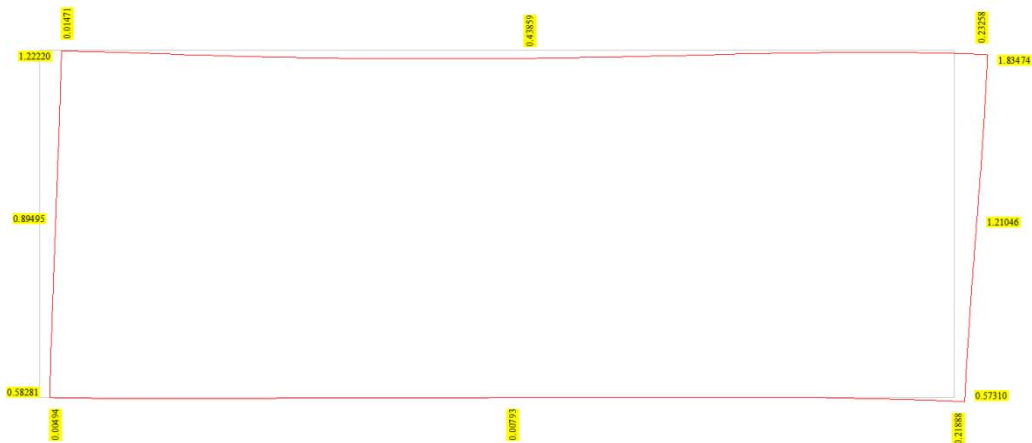


Figura 12.7

X [m]	U <sub>Xmin</sub> [cm]	U <sub>Xmax</sub> [cm]	U <sub>Ymin</sub> [cm]	U <sub>Ymax</sub> [cm]
0.75	0.0012	0.5828	-0.0410	0.1159
2.10	0.0004	0.5828	0.0017	0.0840
3.39	-0.0003	0.5828	0.0225	0.0597
4.69	-0.0010	0.5827	0.0195	0.0415
6.08	-0.0017	0.5825	0.0150	0.0349
7.38	-0.0022	0.5823	0.0116	0.0285
8.67	-0.0027	0.5820	0.0093	0.0229
10.06	-0.0032	0.5817	0.0076	0.0193
11.36	-0.0036	0.5813	0.0064	0.0194
12.65	-0.0039	0.5808	0.0049	0.0190
14.05	-0.0042	0.5803	-0.0030	0.0178
15.34	-0.0044	0.5797	-0.0118	0.0155
16.64	-0.0046	0.5791	-0.0211	0.0124
18.03	-0.0047	0.5784	-0.0296	0.0091
19.32	-0.0048	0.5777	-0.0334	0.0080
20.62	-0.0048	0.5769	-0.0292	0.0127
22.01	-0.0047	0.5760	-0.0107	0.0290
23.31	-0.0046	0.5751	0.0254	0.0608
24.60	-0.0044	0.5742	0.0557	0.1149
<b>25.86</b>	<b>-0.0041</b>	<b>0.5731</b>	<b>0.0994</b>	<b><u>0.2189</u></b>



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

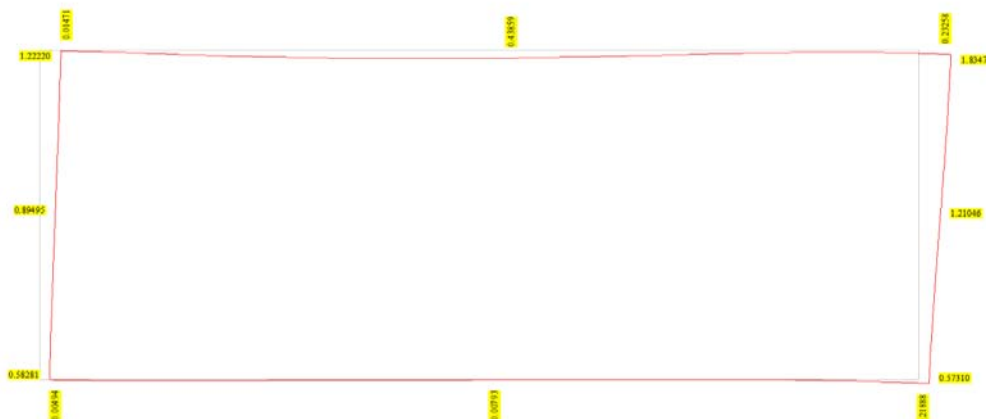




Figura 12.8

Y [m]	$u_{Xmin}$ [cm]	$u_{Xmax}$ [cm]	$u_{Ymin}$ [cm]	$u_{Ymax}$ [cm]
0.90	0.0012	0.5828	-0.0410	0.1159
1.99	-0.0012	0.6314	-0.0400	0.1179
2.99	-0.0019	0.7016	-0.0393	0.1196
4.08	-0.0060	0.7872	-0.0385	0.1214
5.18	-0.0110	0.8742	-0.0378	0.1231
6.18	-0.0172	0.9511	-0.0372	0.1245
7.24	-0.0256	1.0260	-0.0366	0.1259
8.30	-0.0346	1.0929	-0.0361	0.1272
9.38	-0.0457	1.1553	-0.0357	0.1284
<b>10.45</b>	<b>-0.0609</b>	<b><u>1.2222</u></b>	<b>-0.0353</b>	<b>0.1295</b>

### Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y [m]	$u_{Xmin}$ [cm]	$u_{Xmax}$ [cm]	$u_{Ymin}$ [cm]	$u_{Ymax}$ [cm]
0.90	-0.0041	0.5731	0.0994	0.2189
1.99	0.0425	0.6871	0.1005	0.2209
2.99	0.0933	0.8130	0.1015	0.2226
4.08	0.1566	0.9684	0.1024	0.2244
5.18	0.2255	1.1340	0.1033	0.2261
6.17	0.2910	1.2867	0.1040	0.2275
7.27	0.3636	1.4503	0.1048	0.2289
8.36	0.4179	1.6022	0.1055	0.2303
9.36	0.4278	1.7243	0.1060	0.2314
10.45	0.4235	1.8347	0.1066	0.2326

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## GALLERIA SCATOLARE CON TAGLIONE

Si riassumono di seguito i principali risultati di calcolo.

	M [kNm]	Comb.	T [kN]	Comb.	N [kN]	Comb.
Fondazione	-4329.90	( 3 )	997.57	( 12 )	619.20	( 4 )
Piedritto sinistro	-4329.90	( 3 )	1429.94	( 3 )	998.55	( 13 )
Piedritto centrale	---	---	---	---	---	---
Piedritto destro	-3214.68	( 3 )	698.30	( 3 )	1029.50	( 12 )
Traverso	-3214.68	( 3 )	-563.94	( 12 )	541.11	( 3 )

Figura 12.1 Sollecitazioni massime

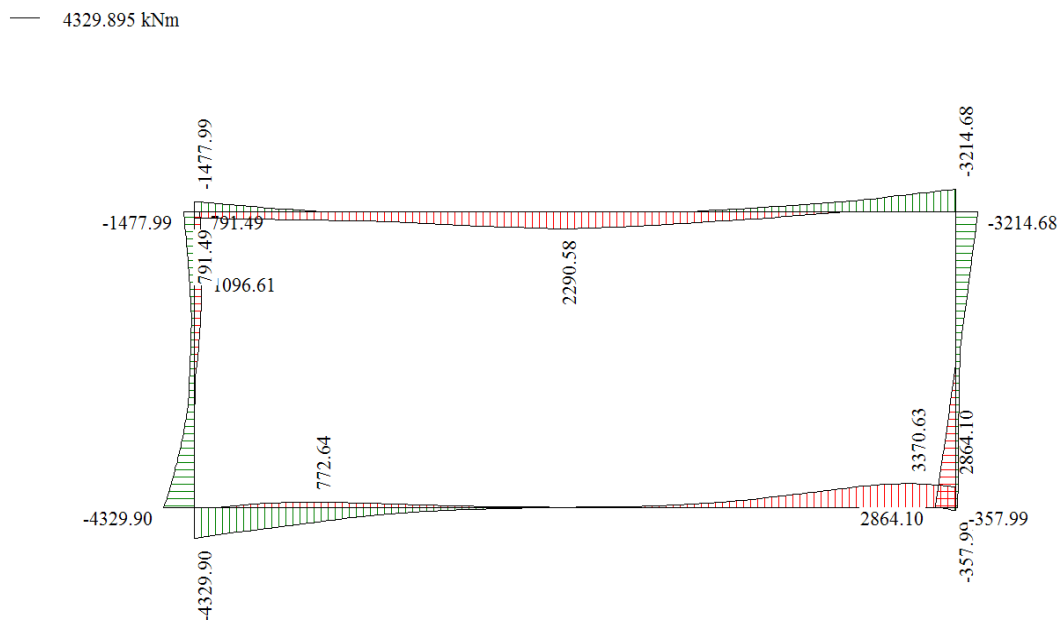

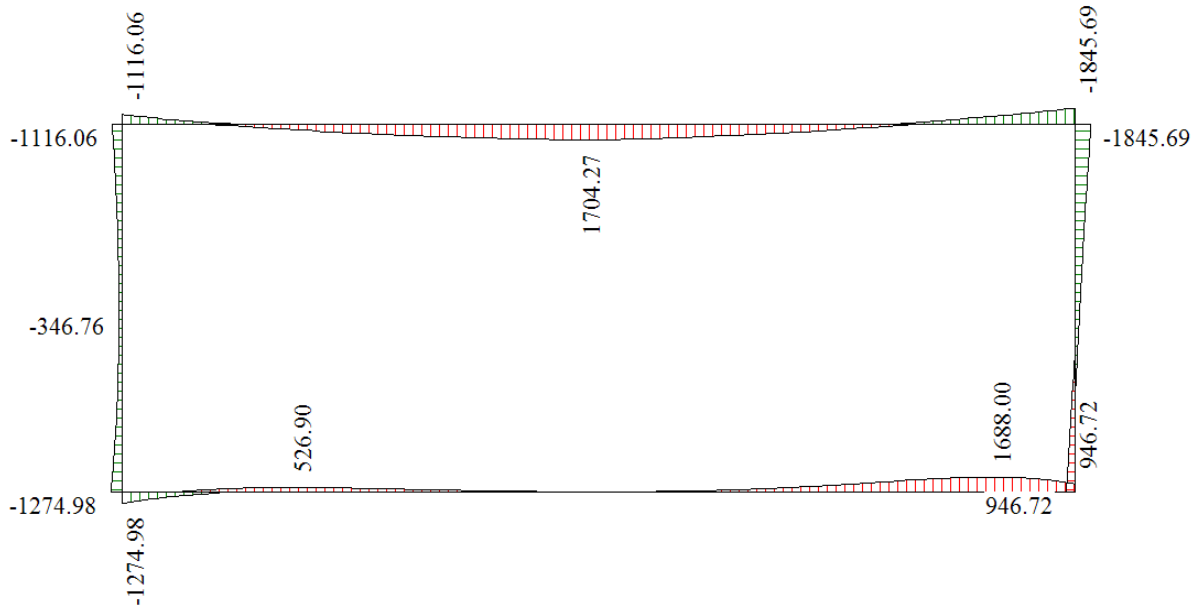


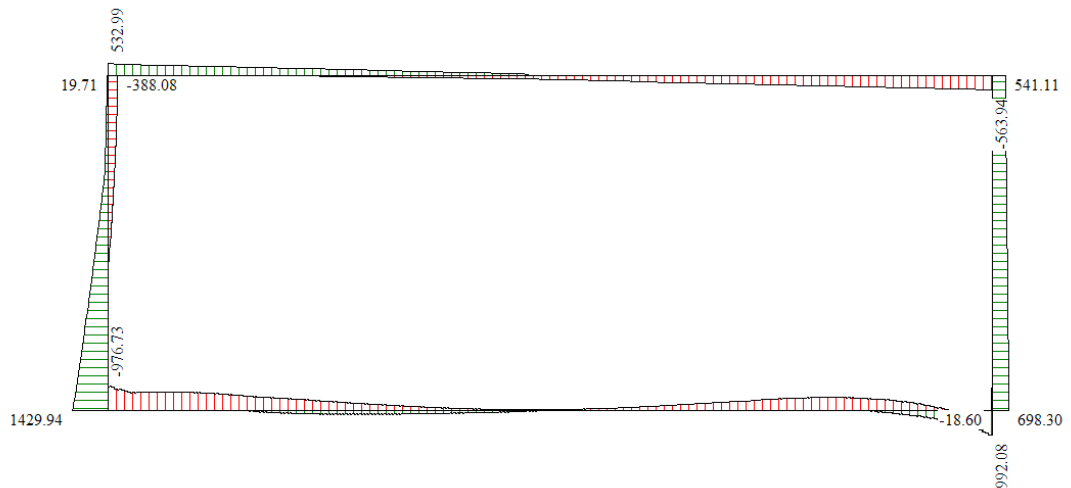
figura 12.2 - Involuppo momenti allo SLU

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011





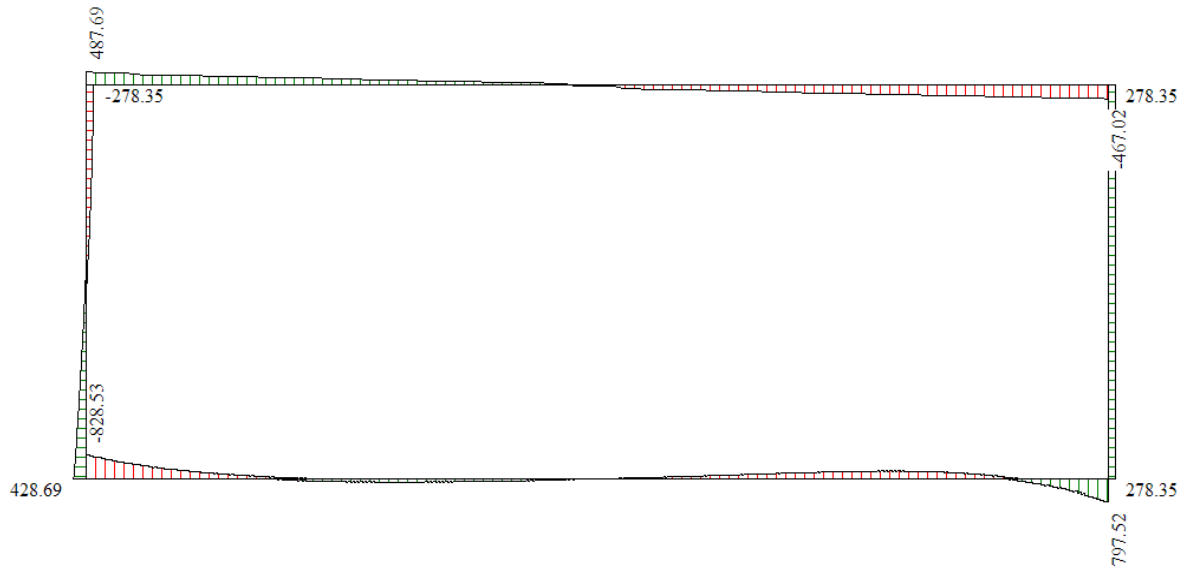
**Figura 12.3 - Involuppo momenti allo SLE**

— 1429.936 kN

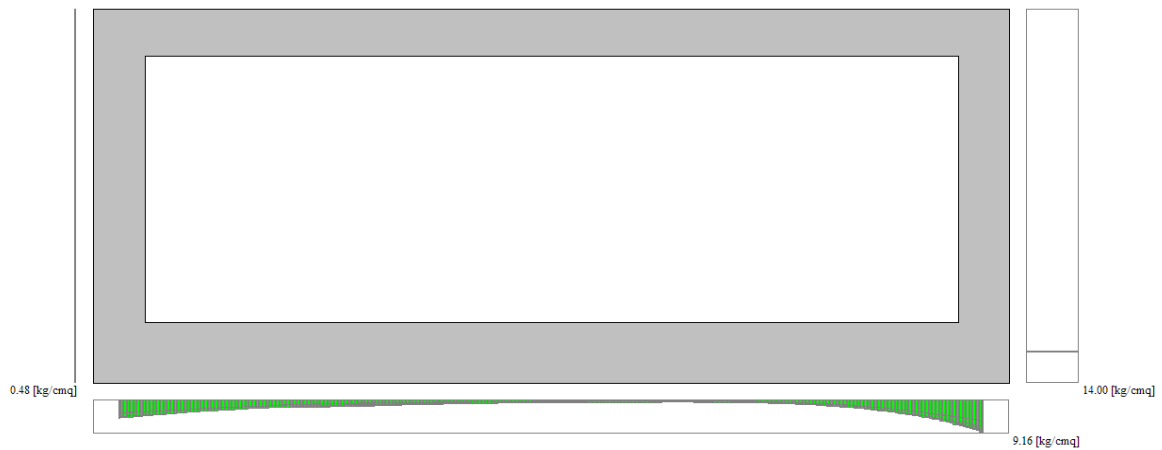


**Figura 12.4 - Involuppo taglio allo SLU**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



**Figura 12.5 - Involuppo taglio allo SLE**



**Figura 12.6 - Involuppo pressioni in fondazione (Pmax=9.16 kg/cm<sup>2</sup>)**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Verifica allo scorrimento

La verifica allo scorrimento del concio scatolare con il taglione è stata condotta tenendo in conto la presenza del taglione sul lato di monte. Questo fa sì che la verifica essere effettuata assumendo una superficie di scorrimento inclinata e non orizzontale. In questo caso inoltre è mobilitabile l'intero valore dell'angolo di attrito  $\phi$ . Considerando le risultanti dei carichi orizzontali e quelle verticali, e riportandole sulla superficie inclinata e valutando così le componenti normali e tangenziali, si ottiene un coefficiente di sicurezza allo scorrimento che supera i valori minimi richiesti dalla normativa.

H = Ris orizz carichi=	2589.636	kN
Rv = Ris.vertic.carichi =	2657.837	kN
Pt=Peso taglione=	112.5	kN
N =Rv +Pt=	2770.337	kN
Inclinaz $\alpha$ =	6	
Nnorm =	2755.161	kN
Ntang =	289.5791	kN
Hnorm=	270.6907	kN
Htang=	2575.45	kN
F stab=(Nnorm+Hnorm) tg $\phi$ =	2538.991	kN
F destab=Htang-Ntang=	2285.87	kN
verifica = Fstab/Fdestab =	1.110733	> 1.1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## GALLERIA SU DIAFRAMMI

### CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICA DELLE SEZIONI

Le analisi svolte, effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici e le NTC2008, sono le seguenti:

#### Condizioni statiche:

- Stato Limite Ultimo (SLU)
- Stato Limite di Esercizio (SLE)

#### Condizioni sismiche:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)

Nelle analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono state prese in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

comb.1: A1-M1-R1 (SLU-STR)

comb.2: A2-M2-R1 (SLU-GEO)

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali di seguito riportati (i coefficienti parziali applicati alle resistenze sono stati sempre presi pari all'unità [R1]):

Azioni	SLE		SLU DA1.1 (A1)		SLU DA1.2 (A2)		SLD (A1)		SLV (A1)	
	$\gamma_g$	1	$\gamma_g$	1.3	$\gamma_g$	1	$\gamma_g$	1	$\gamma_g$	1
Carico permanente (G)	$\gamma_g$	1	$\gamma_g$	1.3	$\gamma_g$	1	$\gamma_g$	1	$\gamma_g$	1
Carico Variabile (Q)	$\gamma_q$	1	$\gamma_q$	1.5	$\gamma_q$	1.3	$\gamma_q$	1	$\gamma_q$	1
							$\Psi_{21}$	0.6	$\Psi_{21}$	0.6

Tabella 12.9

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Parametri Geotecnici (Materiali)	Coeff. parz. $\gamma_M$	SLE	SLU DA1.1 (M1)	SLU DA1.2 (M2)	SLD (M1)	SLV (M2)
Resistenza a taglio (sulla tg $\phi'$ )	$\gamma_{\phi'}$	1	1	1.25	1	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1	1	1.25	1	1.25
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1	1	1	1	1

Tabella 12.10

Nelle analisi in condizioni sismiche (SLV) la combinazione di carico considerata è quella nella quale vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno (M2) e lasciati inalterati i carichi (A1).

I risultati delle analisi numeriche svolte sono riportate negli allegati sotto forma di tabulati. Per le tipologie di calcolo analizzate sono forniti, sottoforma di grafici e tabelle riassuntive, i risultati delle elaborazioni svolte per le condizioni precedentemente descritte. Tutti i valori riportati sono relativi ad un metro lineare di paratia (unità di misura kN e metro).

### Verifica a pressoflessione

Per le sezioni di calcolo considerate, la verifica a pressoflessione è stata effettuata valutandone il dominio di rottura e verificando che le sollecitazioni ( $N_{Sdu}$ ,  $M_{Sdu}$ ) dovute alle varie combinazioni di carico siano tutte interne ad esso. Il coefficiente di sicurezza FS calcolato rappresenta un fattore d'amplificazione che, se applicato allo stato di sollecitazione attuale, porta a rottura la sezione in oggetto. La condizione di rottura cui ci si riferisce ( $N_{Rdu}$ ,  $M_{Rdu}$ ) è quindi legata allo stato di sollecitazione attuale ( $N_{Sdu}$ ,  $M_{Sdu}$ ) dalle seguenti relazioni:

$$N_{Rdu} = FS \cdot N_{Sdu} \quad M_{Rdu} = FS \cdot M_{Sdu}$$

Il fattore di sicurezza TSF riportato nelle seguenti tabelle riepilogative è fornito dalla seguente relazione:

$$TSF = 1/FS = 1 / \frac{\sqrt{N_{Rdu}^2 + M_{Rdu}^2}}{\sqrt{N_{Sdu}^2 + M_{Sdu}^2}}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nelle seguenti tabelle, il momento assume segno negativo se tende le fibre lato terreno e positivo se tende le fibre lato scavo.

	<b>A<sub>s</sub></b> lato scavo	<b>A<sub>s</sub></b> lato terreno	<b>M<sub>Rdu</sub></b> (kNm/m)	<b>M<sub>Sdu</sub></b> (kNm/m)	<b>TSF</b>
<b>Cond. Statica SLU</b>	20 $\phi$ 26	20 $\phi$ 26	2294	1869	0.948
<b>Cond. Sismica SLV</b>	20 $\phi$ 26	20 $\phi$ 26	2294	1768	0.896

Apposita armatura a taglio va posizionata dove la sollecitazione a taglio comporta la formazione di fessure oblique nel conglomerato, ovvero dove supera il valore  $V_{Rduc'}$ , fornito dalla seguente formula:

$$V_{Rduc'} = 0.25 \cdot f_{ctd} \cdot r(1 + 50 \rho_l) \cdot b_w \cdot d \cdot \delta$$

dove

$f_{ctd}$  = resistenza a trazione di calcolo;

$r = (1.6 - d)$  con  $d$  espressa in metri e comunque  $d \leq 0.60$  m;

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  essendo  $A_{sl}$  l'armatura longitudinale a trazione e comunque  $\rho_l \leq 0.2$ ;

$b_w$  = larghezza della membratura resistente a taglio;

$d$  = altezza utile della sezione;

$\delta = 1 + M_0 / M_{Sdu}$  essendo  $M_0$  il momento di decompressione (=  $N_{Sdu} \cdot H / 6$ ).

L'armatura trasversale deve essere tale da verificare:

$$V_{Sdu} \leq V_{cd} + V_{wd}$$

in cui

$$V_{cd} = 0.6 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d \cdot \delta \quad \text{e comunque} \quad V_{cd} \leq 0.5 \cdot V_{Sdu}$$

$$V_{wd} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{0.9 \cdot d}{s}$$



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La sollecitazione a taglio non deve comunque superare un valore  $V_{Rduc}$  oltre il quale il calcestruzzo va in crisi per compressione:

$$V_{Sdu} \leq V_{Rduc} \quad \text{con} \quad V_{Rduc} = 0.3 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

Nella tabella seguente sono descritte le verifiche dell'armatura a taglio effettuate sulle sezioni più sollecitate. Il valore della sollecitazione a taglio indicato è ottenuto dalla condizione di carico che è risultata più critica per la sezione considerata.

STAFFE			$V_{Sdu}$ [kN/m]	$V_{Rdu}$ [kN/m]
Diametro [mm]	Passo [cm]	n° bracci		
16	12.5	4	895.00	433

### Verifiche tensionali e deformative

Agli SLE verranno determinati i tassi di sfruttamento sia per quanto riguarda il calcestruzzo che per quanto riguarda l'acciaio. Calcolati, infatti le tensioni massime agenti e le tensioni limite imposte dalla normativa per una combinazione caratteristica (rara) si deve ottenere:

$$T.S.C. = \frac{\sigma_c}{0.6 \cdot f_{ck}} \leq 1 \quad T.S.A. = \frac{\sigma_s}{0.8 \cdot f_{yk}} \leq 1$$

Le tabelle seguenti riassumono, per ogni tipologia di calcolo, gli spostamenti massimi della paratia, il cedimento stimato del piano di campagna e i tassi di sfruttamento lato calcestruzzo e lato acciaio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<b>Spostamento</b> [cm]	<b>T.S.C.</b>	<b>T.S.A.</b>
2.16	0.552	0.609

### Verifica a fessurazione

La verifica a fessurazione ha mostrato che ovunque il calcestruzzo si fessuri, la larghezza caratteristica delle fessure è sempre inferiore al valore limite da normativa, come illustrato nella tabella che segue. La verifica a fessurazione è quindi ovunque superata.

$w_k$ (mm)	$w_d$ (mm)
0.29	0.3

### Fasi di calcolo

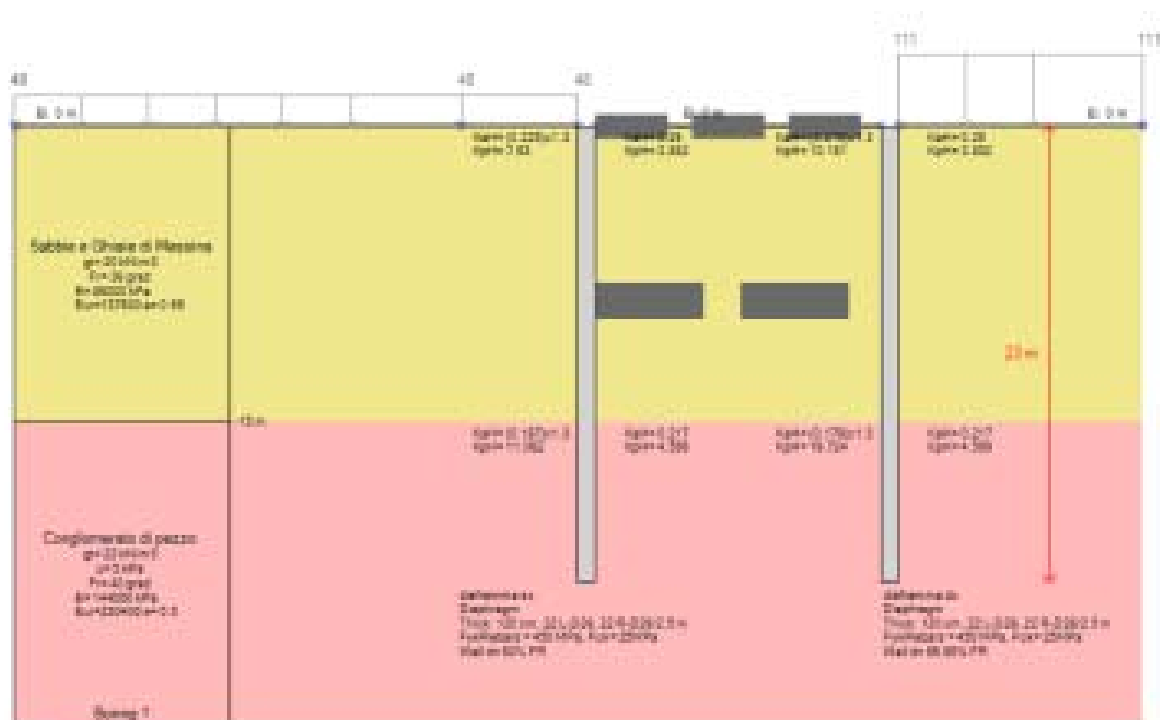
Si riportano di seguito le fasi in cui si articola il modello di calcolo utilizzato per la galleria in diaframmi.

Le immagini seguenti mostrano due diverse situazioni di calcolo:

la prima in cui si fanno agire i carichi mobili e la seconda in cui si applica il sisma.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

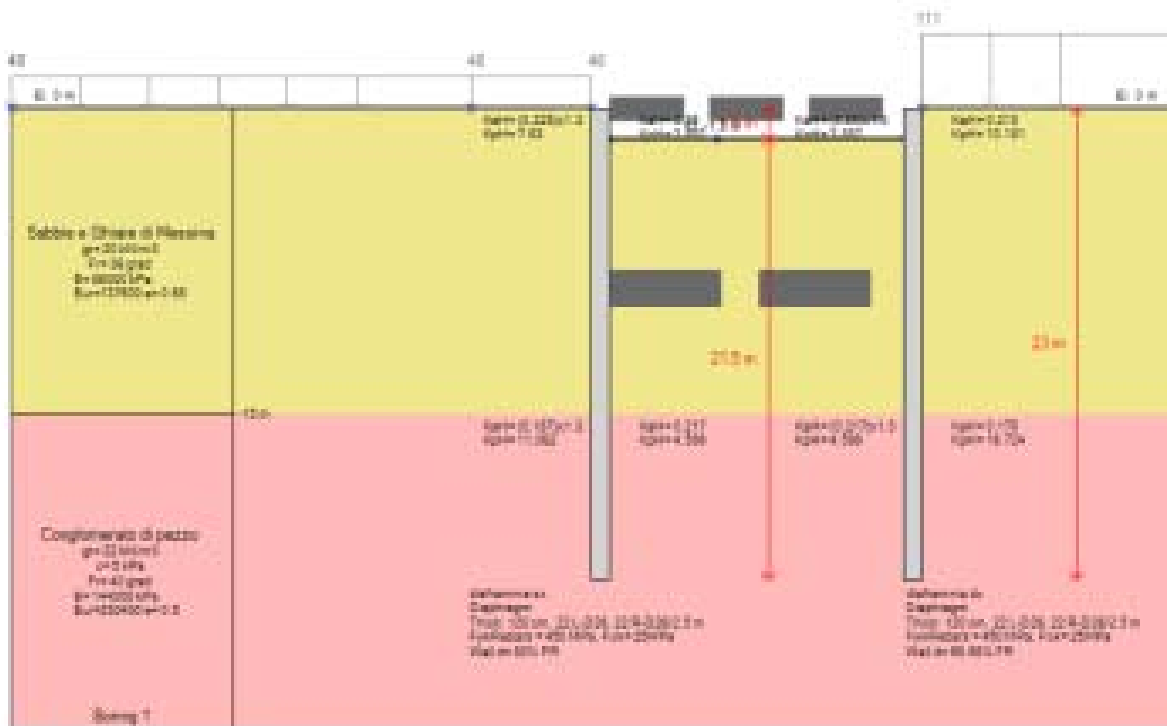
**Caso 1 – Modello con carichi mobili**





Carri geostatica   Scavo 1   Trave   Scavo 2   Scavo 3   Scavo 4 e pilastri   Scavo 5   permanenti 1   permanenti 2   sordelli ponti

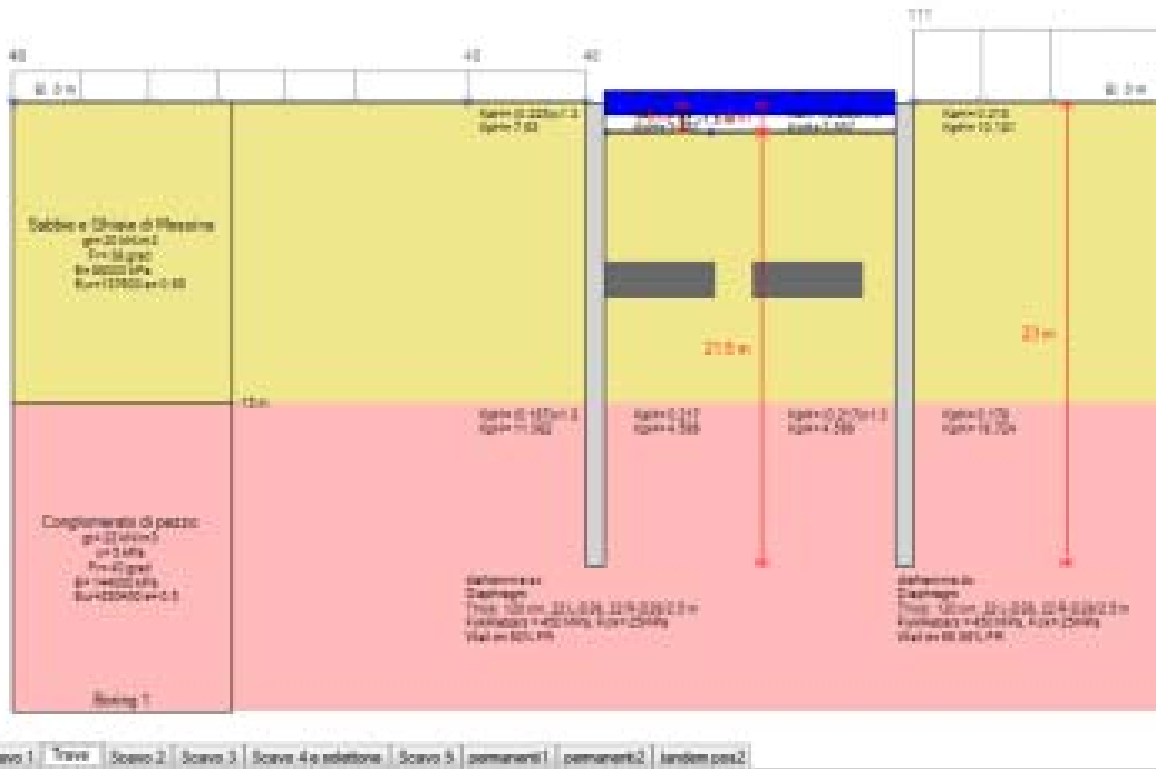
Fase 1: Condizioni geostatiche

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



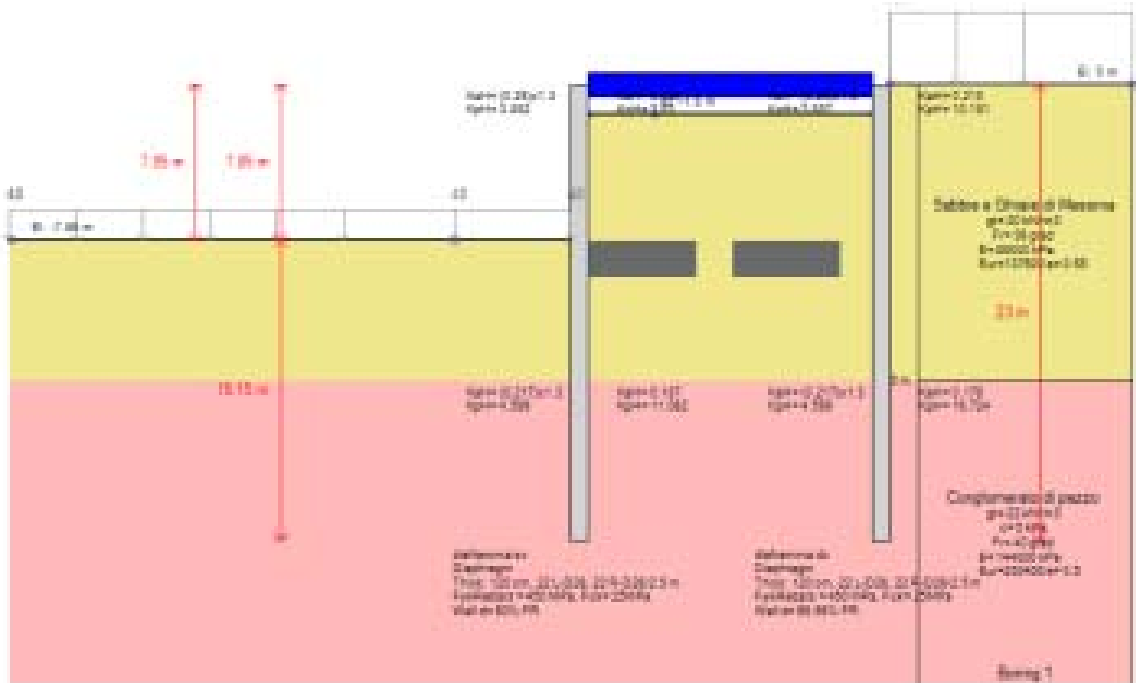
Fase 2: Primo Scavo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Fase 3: Posizionamento trave

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



[Tirato in avanti](#) | [Fase 1](#) | [Fase 2](#) | [Fase 3](#) | [Fase 4 in sviluppo](#) | [Fase 5](#) | [Componenti](#) | [Componenti](#) | [Indice](#)

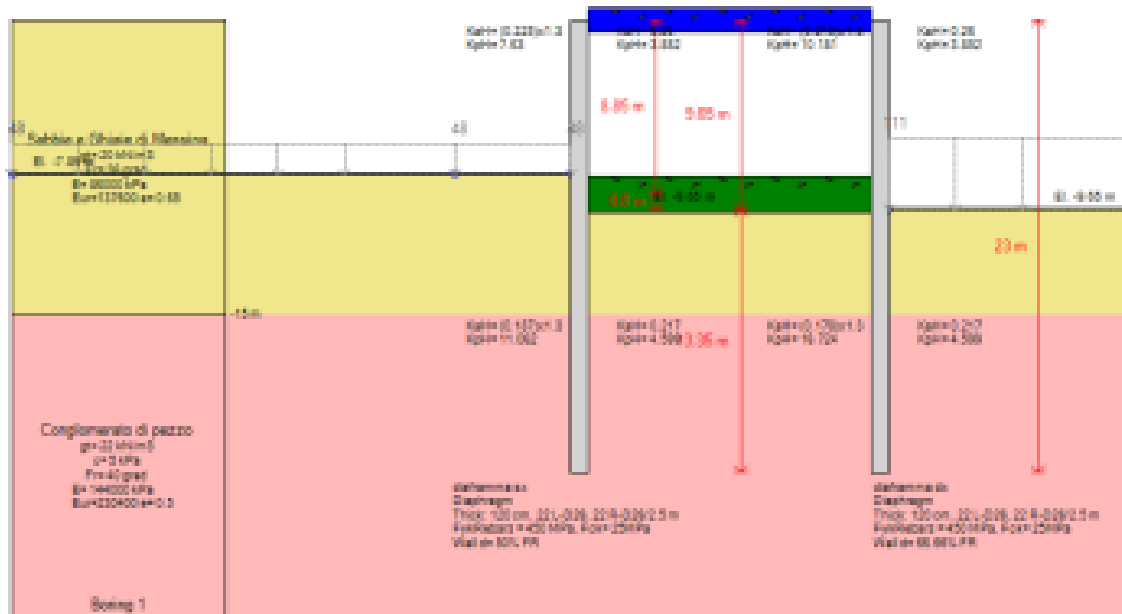
Fase 4: Secondo scavo



**ASSE 1-2: Galleria artificiale  
dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10**

Codice documento  
CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0

Rev *Data*  
F0 20/06/2011

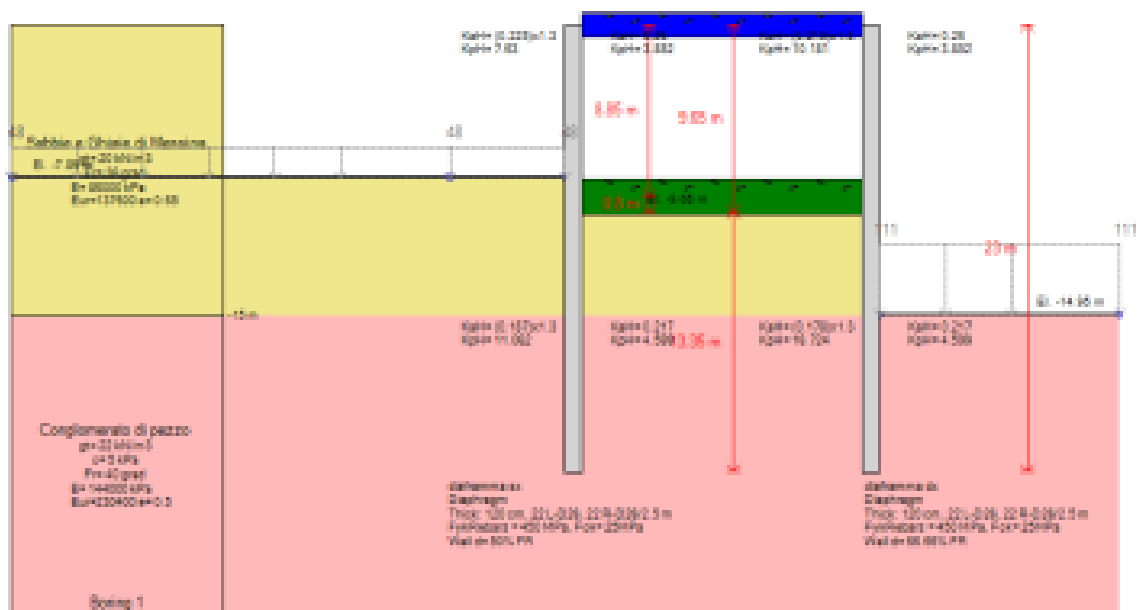


Cond. geologica	Scavo 1	Trave	Scavo 2	Scavo 3	Scavo 4 a solettone	Scavo 5	permanenti1	permanenti2	randem pos.2	(m, cm, kPa)
Stage: 5	X: -44.29	Z: -30.29								

Fase 6: Quarto scavo e posizionamento solettone

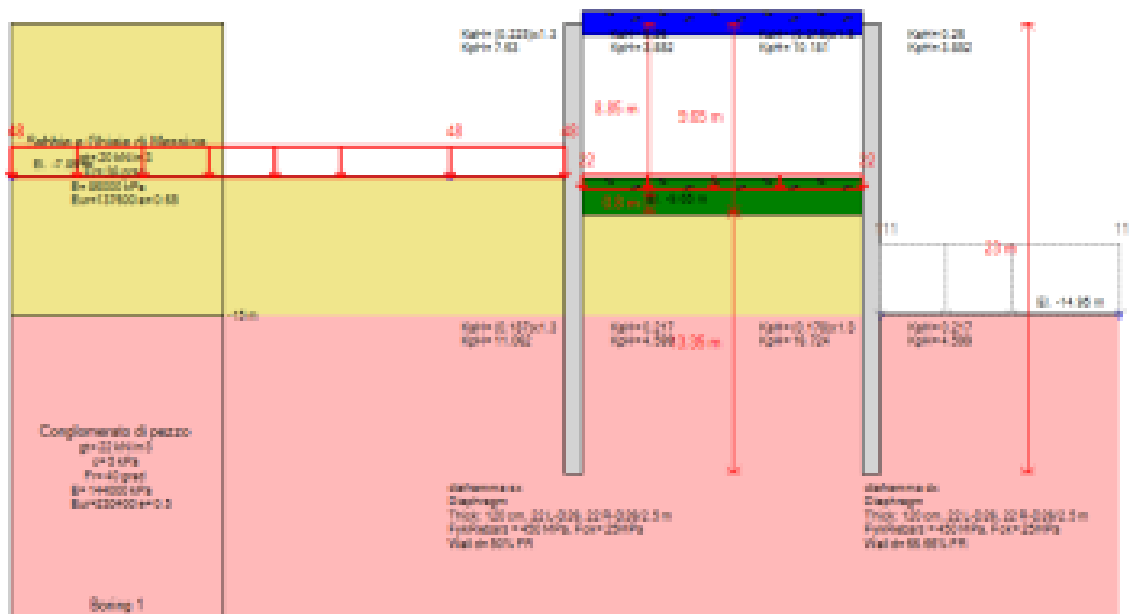


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Fase 7: Quinto scavo

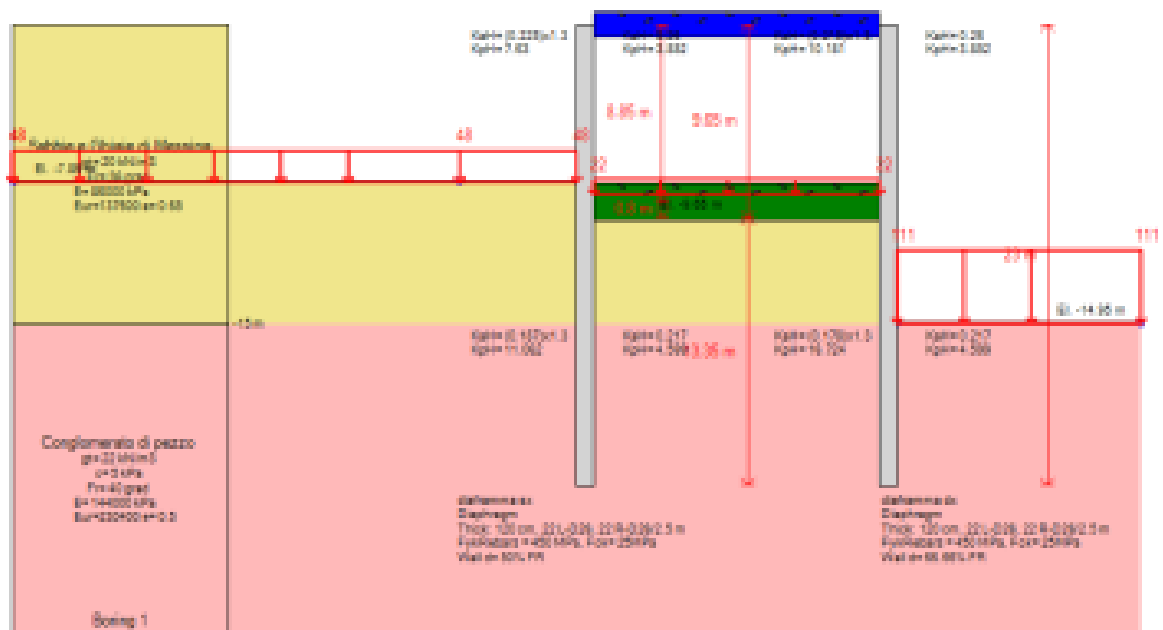
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Cond. geologica | Scavo 1 | Trave | Scavo 2 | Scavo 3 | Scavo 4 e solettoni | Scavo 5 | **complementi 1** | complementi 2 | tendoni post 2

Fase 8: Azione dei carichi dei parcheggi interrati

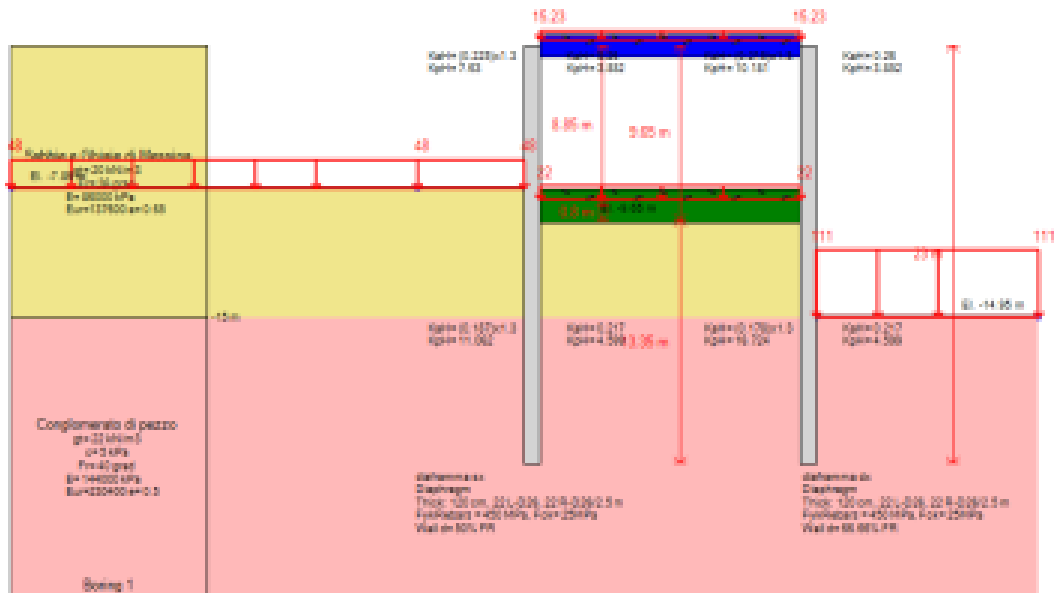
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Cond. geotattica | Scavo 1 | Trave | Scavo 2 | Scavo 3 | Scavo 4 e selezione | Scavo 5 | permanenti.1 | permanenti.2 | random.pesi.2

Fase 9: Azione dei carichi permanenti dovuti ai corpi di fabbrica 8-9

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

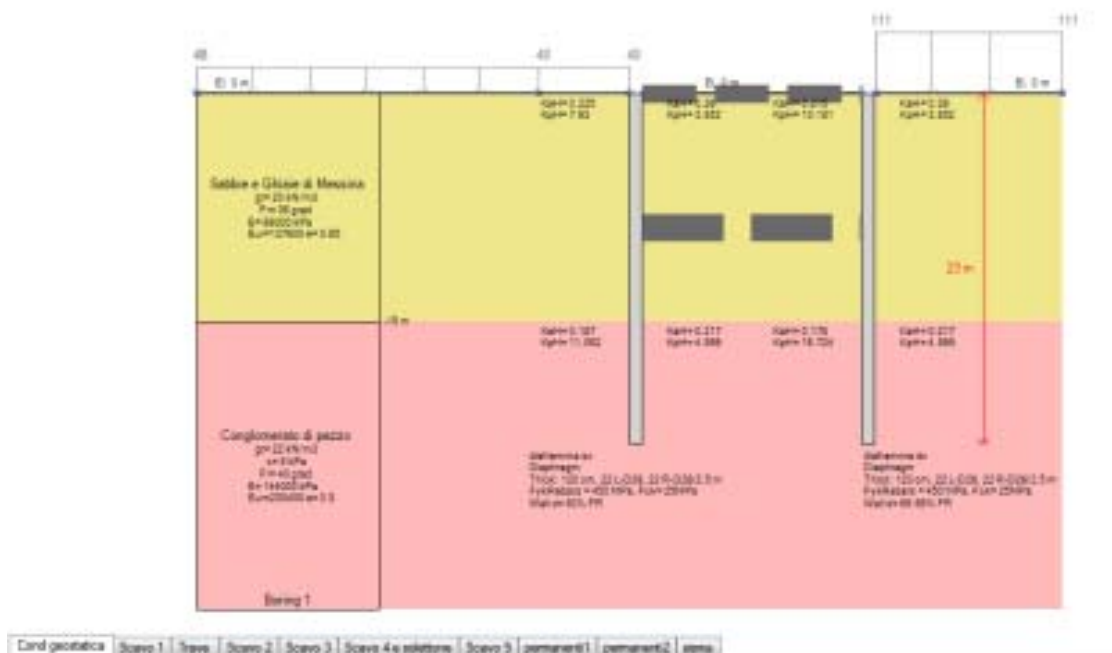


Cond geologica | Scavo 1 | Trave | Scavo 2 | Scavo 3 | Scavo 4 e solettoni | Scavo 5 | permanenti1 | permanenti2 | tandem pos2

Fase 10: Azione dei carichi mobili sull'impalcato

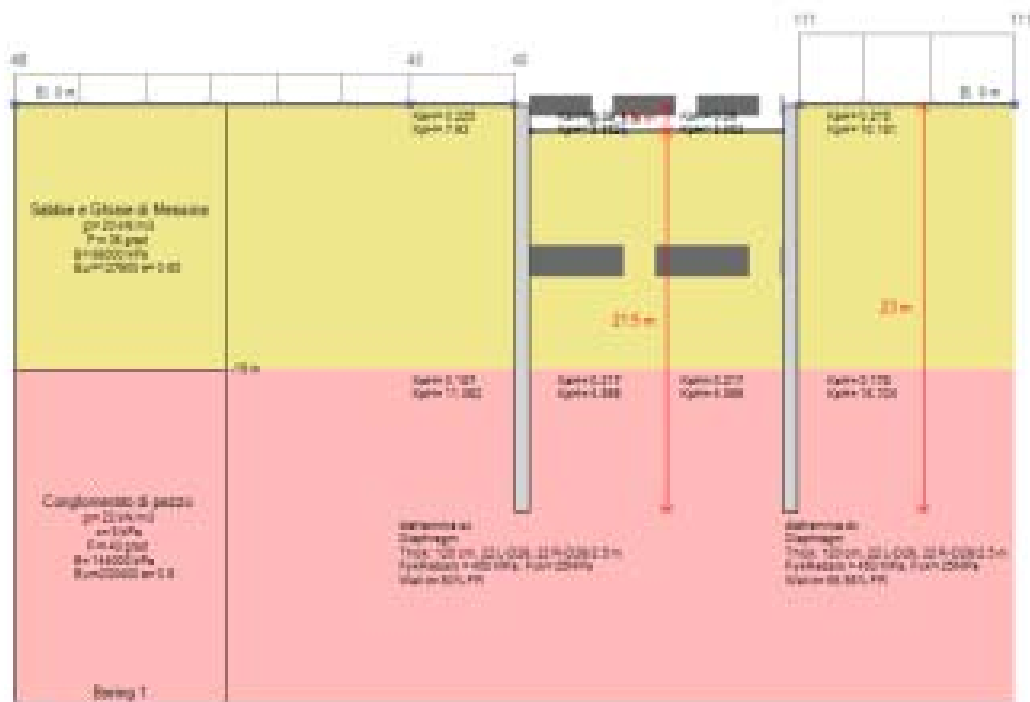
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Caso 2 – Modello con sisma



Fase 1: Condizioni geostatiche

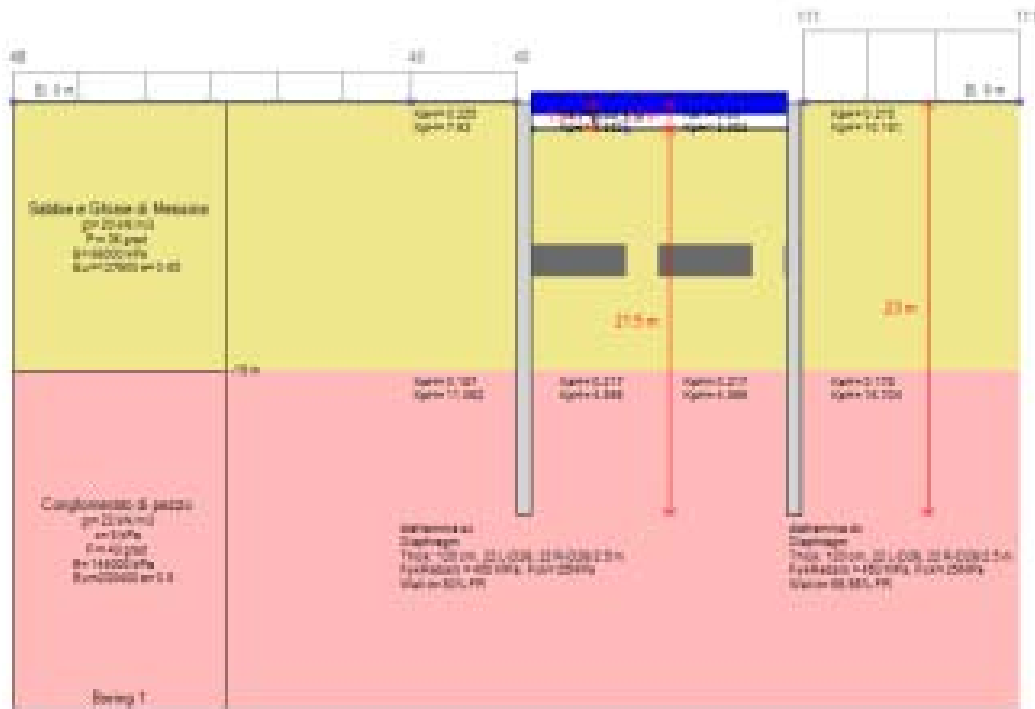
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Cond geologica | Scavo 1 | **Trave** | Scavo 2 | Scavo 3 | Scavo 4 e relativi | Scavo 5 | permanenti 1 | permanenti 2 | altri



Fase 2: Primo Scavo

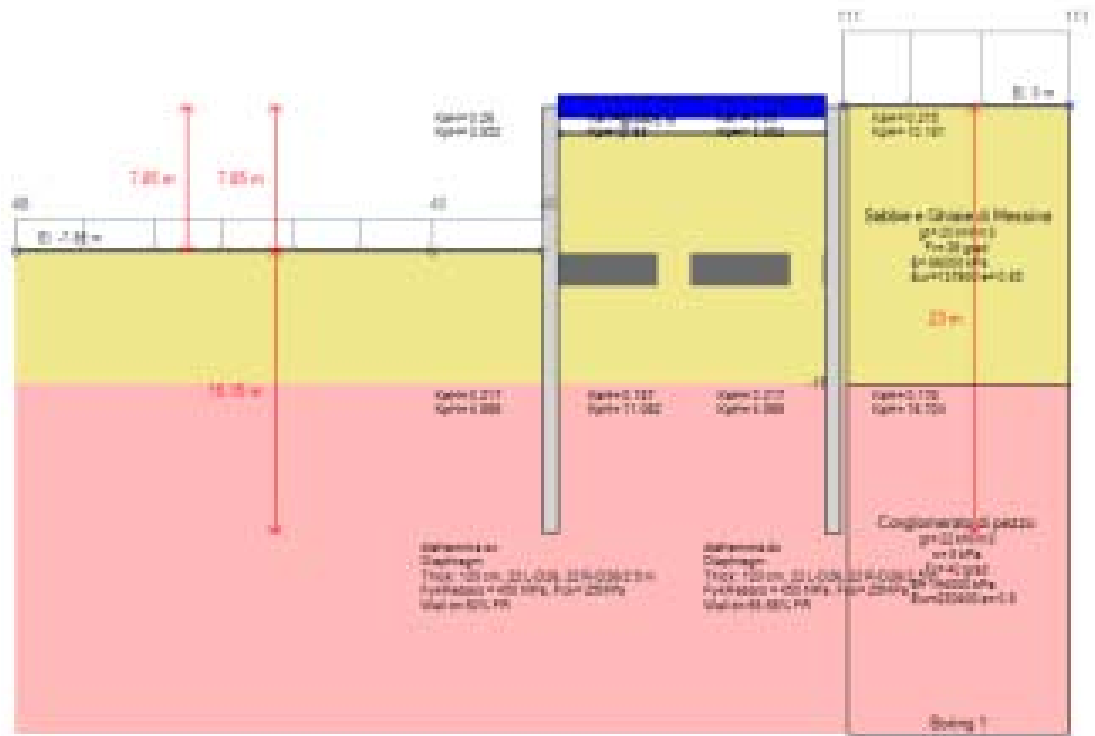
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



[Cond geologica](#) | [Scavo 1](#) | [Trave](#) | [Scavo 2](#) | [Scavo 3](#) | [Scavo 4 e intonaco](#) | [Scavo 5](#) | [paviment1](#) | [paviment2](#) | [solaio](#)

Fase 3: Posizionamento trave

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

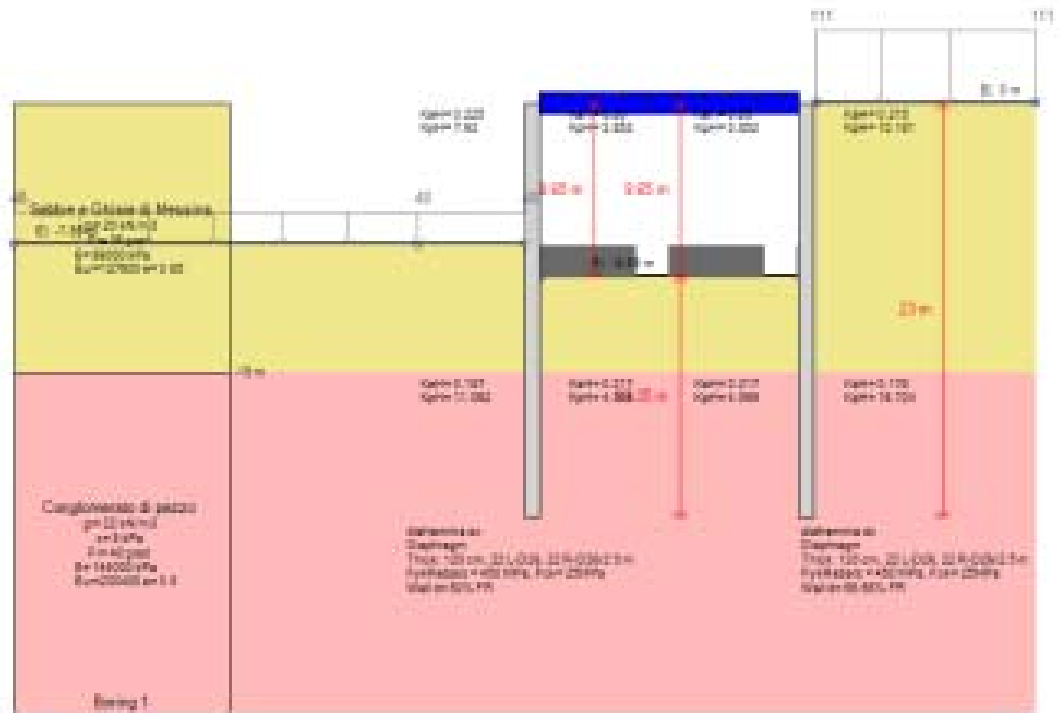


[Canti geotecnici](#) | 
[Scavo 1](#) | 
[Trave](#) | 
[Scavo 2](#) | 
[Scavo 3](#) | 
[Scavo 4 e solerti](#) | 
[Scavo 5](#) | 
[palmieri1](#) | 
[palmieri2](#) | 
[stati](#)

Fase 4: Secondo scavo





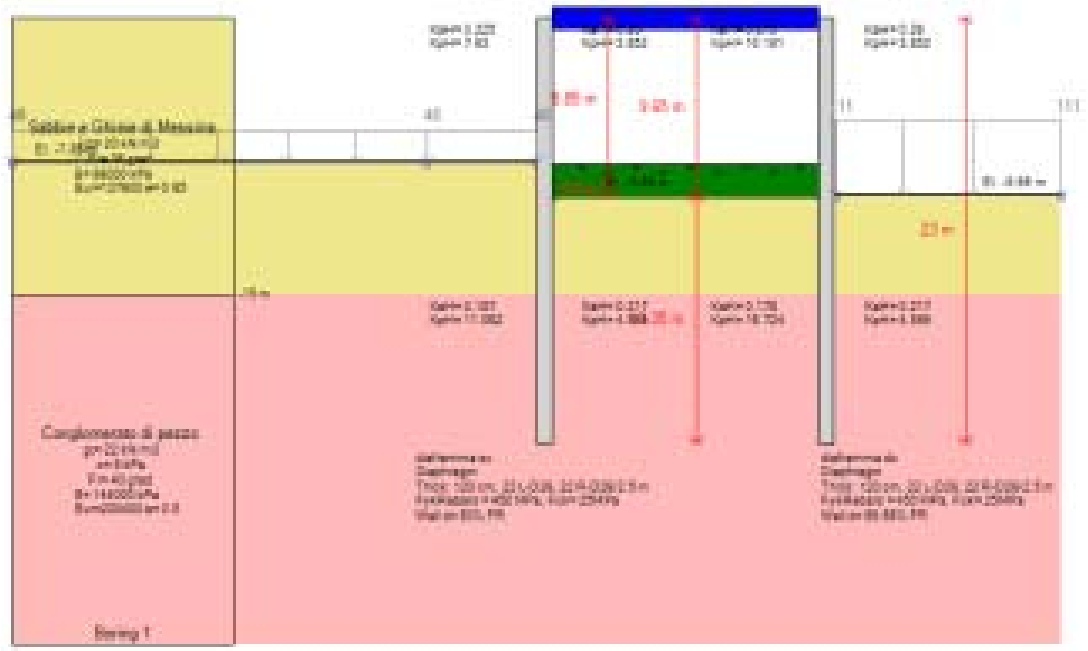
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



[Dati geologici](#) | 
[Scavo 1](#) | 
[Trave](#) | 
[Scavo 2](#) | 
[Scavo 3](#) | 
[Scavo 4 e soluzione](#) | 
[Scavo 5](#) | 
[paviment1](#) | 
[paviment2](#) | 
[stato](#)

Fase 5: Terzo scavo

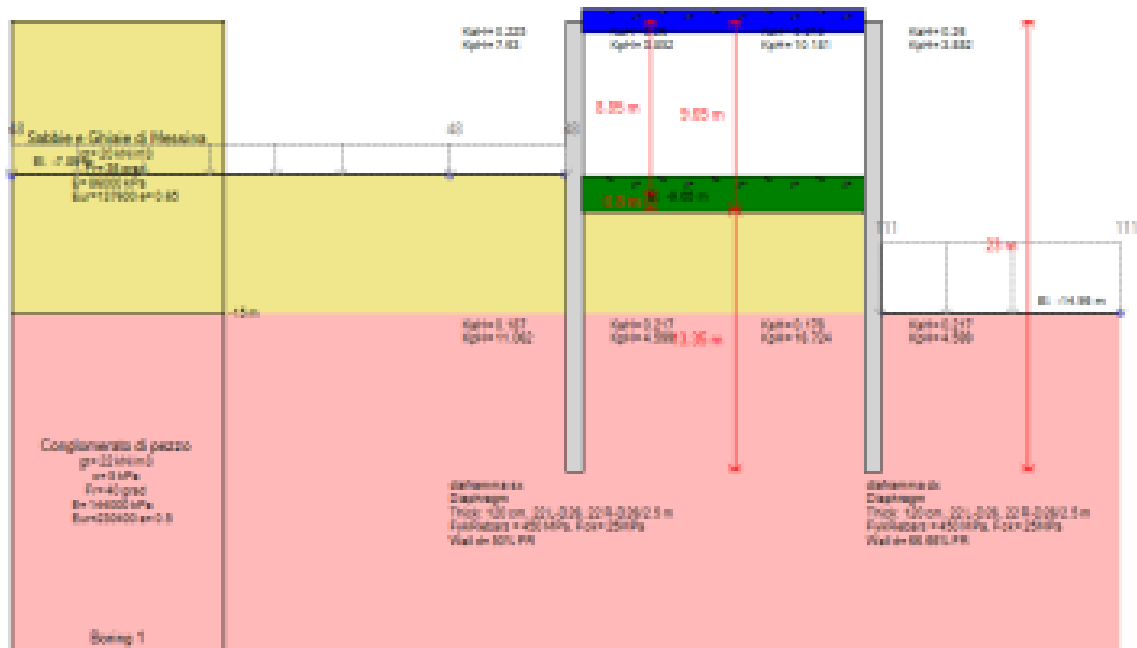
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



[Cardi geometria](#) | 
[Scafo 1](#) | 
[Scafo 2](#) | 
[Scafo 3](#) | 
[Scafo 4 e solette](#) | 
[Scafo 5](#) | 
[elementi1](#) | 
[elementi2](#) | 
[area](#)

Fase 6: Quarto scavo e posizionamento solettone

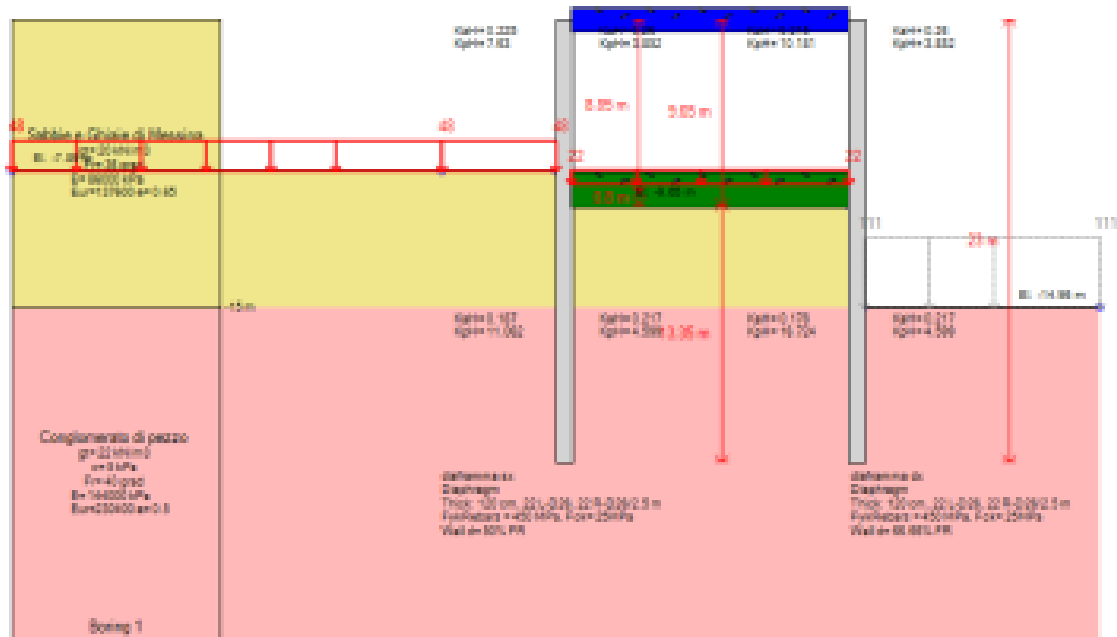
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Cond geotecnica Scavo 1 Trave Scavo 2 Scavo 3 Scavo 4 e sezione Scavo 5 permanenti 1 permanenti 2 sistema

Fase 7: Quinto scavo

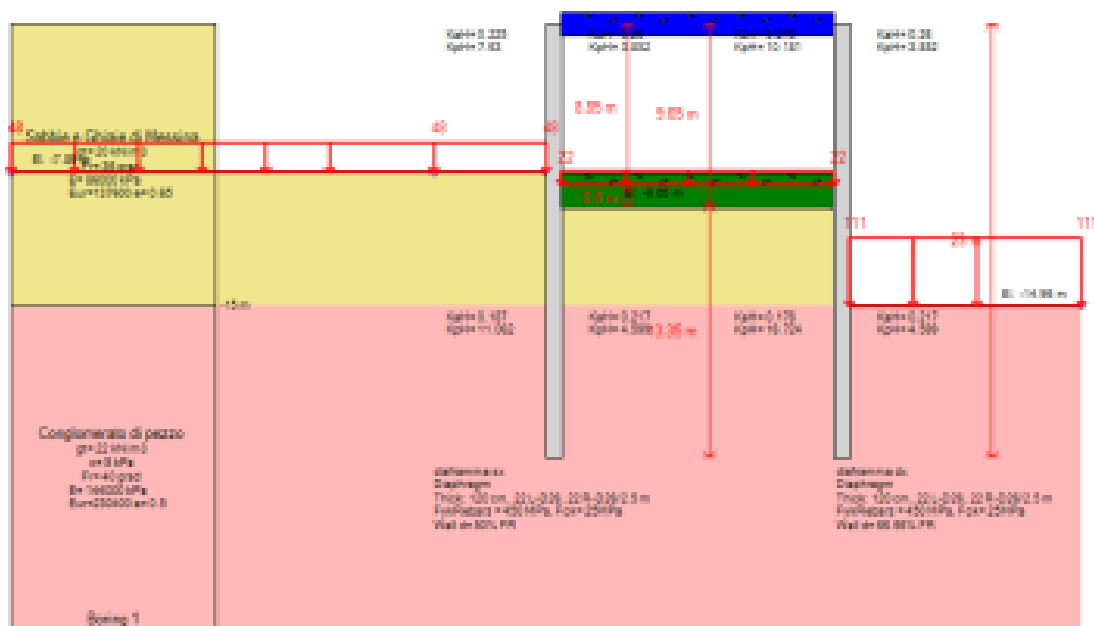
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Cond. geotecnica | Scavo 1 | Trave | Scavo 2 | Scavo 3 | Scavo 4 e relazione | Scavo 5 | permanenti1 | permanenti2 | stema

Fase 8: Azione dei carichi dei parcheggi interrati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



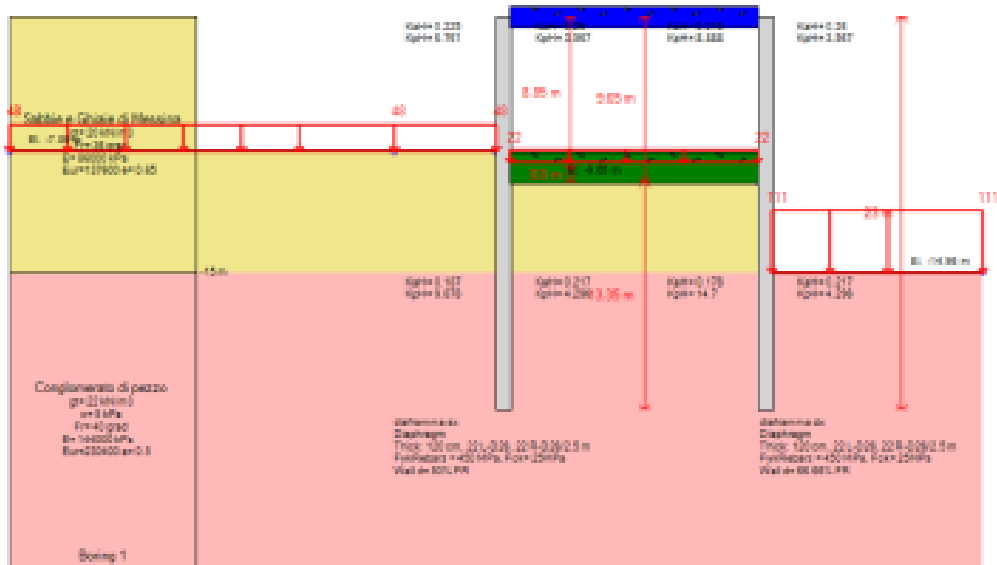
Cond. geologica | Scafo 1 | Trave | Scafo 2 | Scafo 3 | Scafo 4 e scalfone | Scafo 5 | permanenti.1 | permanenti.2 | stema

Fase 9: Azione dei carichi permanenti dovuti ai corpi di fabbrica 8-9

**ASSE 1-2: Galleria artificiale  
dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10**

Codice documento  
CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0

Rev *Data*  
F0 20/06/2011



Caratteristiche | Scavo 1 | Trave | Scavo 2 | Scavo 3 | Scavo 4 e sottotono | Scavo 5 | permanenti1 | permanenti2 | sisma

Fase 10: Azione del sisma

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## IMPALCATO IN CAP

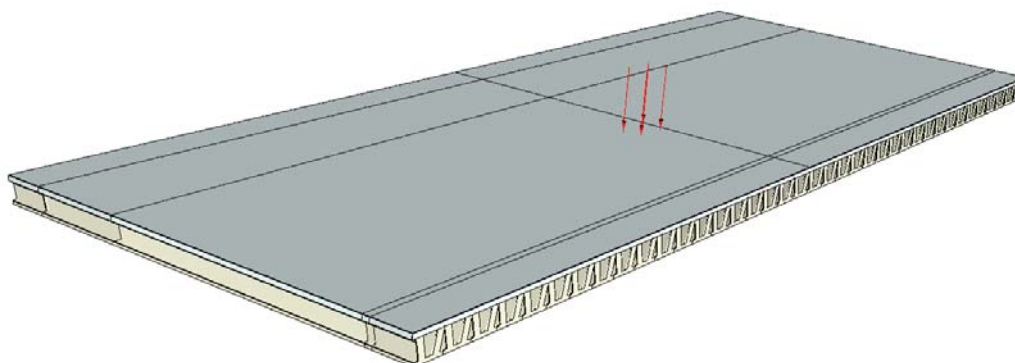


Figura 12.11 - Vista prospettica dell'impalcato

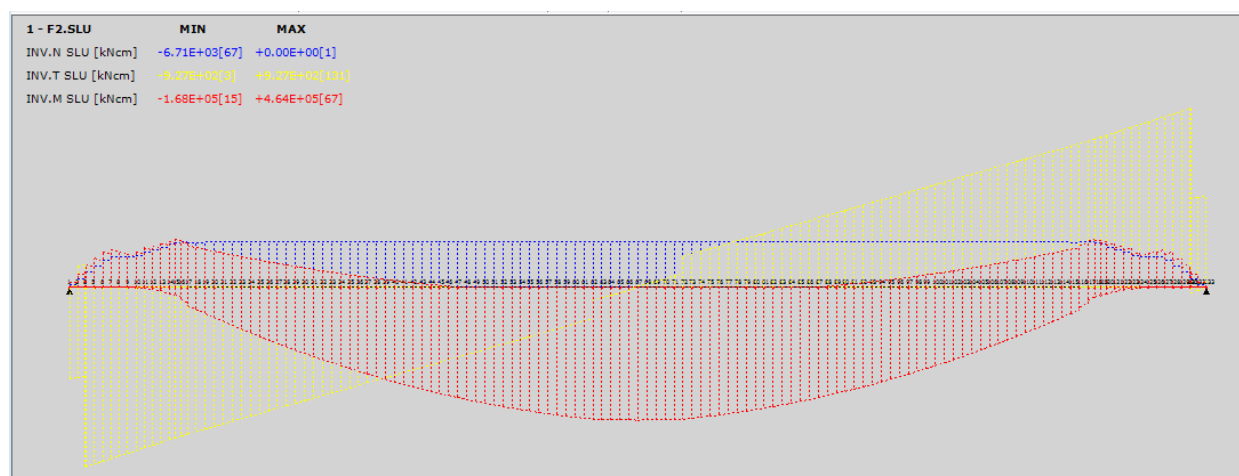




Figura 12.12 - Involuppo sollecitazioni allo SLU

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

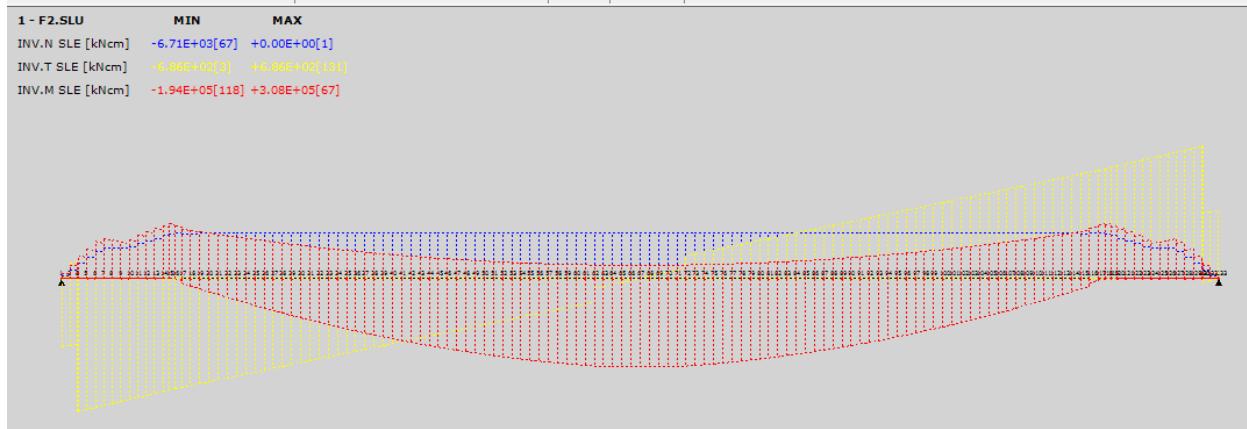


Figura 12.13 - Inviluppo sollecitazioni allo SLE



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<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						

### VERIFICA A PRESSO-TENSO FLESSIONE - SEZIONE [67] x = 12.55 m

Combinazione: F10.SLU - Fase: 10 - Permanenti + accidentali di III fase

#### Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia:

\* Momento dovuto ai soli carichi esterni:  $M = 6021.20 \text{ kNm}$

\* Sforzo normale dovuto ai soli carichi esterni:  $N = 0.00 \text{ kN}$

- SEZIONE PARZIALIZZATA -

Ordinata asse neutro:  $Y_n = 1.34E+2 \text{ cm}$

#### Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia:

\* Momento ultimo:  $M_u = 9129.05 \text{ kNm}$

\* Sforzo normale ultimo:  $N_u = 0.00 \text{ kN}$

**Fattore di sicurezza a N costante: 1.52**

### VERIFICA POSITIVA

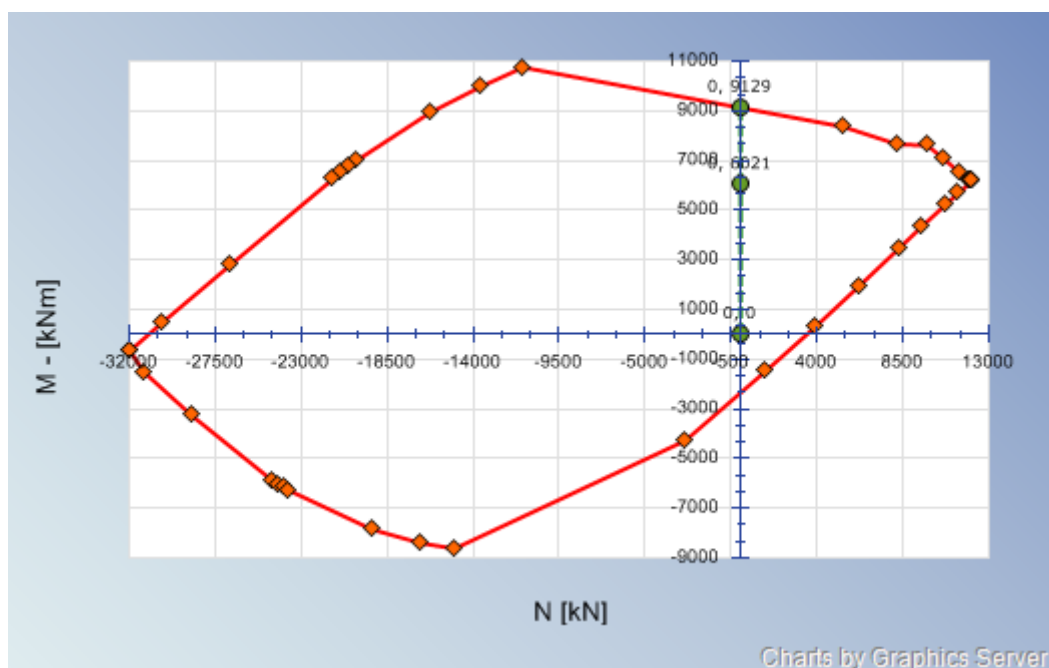


Figura 12.14

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<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: 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						

### VERIFICA A TAGLIO - SEZIONE [17]

Ascissa di calcolo:  $x = 2.60$  m  
Combinazione: n° 17  
Fase costruttiva: 10 - Permanenti + accidentali di III fase

Altezza utile:  $d+ = 140.00$  cm  
Taglio di progetto:  $VEd = -757.40$  kN  
Larghezza minima della sezione:  $bw = 51.10$  cm  
Resistenza di calcolo a compressione:  $fcd = 2.59E+1$  MPa  
Coefficiente riduttivo della resistenza:  $v1 = 0.5$   
Tensione di snervamento staffe:  $fsyd = 3.91E+2$  MPa

Forza di precompressione:  $Np = 3175.31$  kN  
Area della sezione di cls:  $Ac = 12857.81$  cmq  
Tensione media di compressione:  $\sigma_{cp} = -2.47E+0$  MPa  
Coefficiente maggiorativo:  $\alpha_c = 1.0955$   
Area staffe a metro:  $Asw/s = 12.63$  cmq/m  
Cotangente dell'angolo Theta:  $Cotg\theta = 2.5000$

ROTTURA PER TAGLIO-COMPRESSIONE:  
 $VRcd = 0,9 \cdot d \cdot bw \cdot \alpha_c \cdot v1 \cdot fcd \cdot ctg\theta / (1 + ctg\theta^2) = 3145.81$  kN  
ROTTURA PER TAGLIO-TRAZIONE:  
 $VRsd = 0,9 \cdot d \cdot Asw/s \cdot fsyd \cdot ctg\theta = 1556.73$  kN

**$VEd \leq \min(VRsd, VRcd) \Rightarrow$  VERIFICA POSITIVA ( $F_s = 2.06$ )**

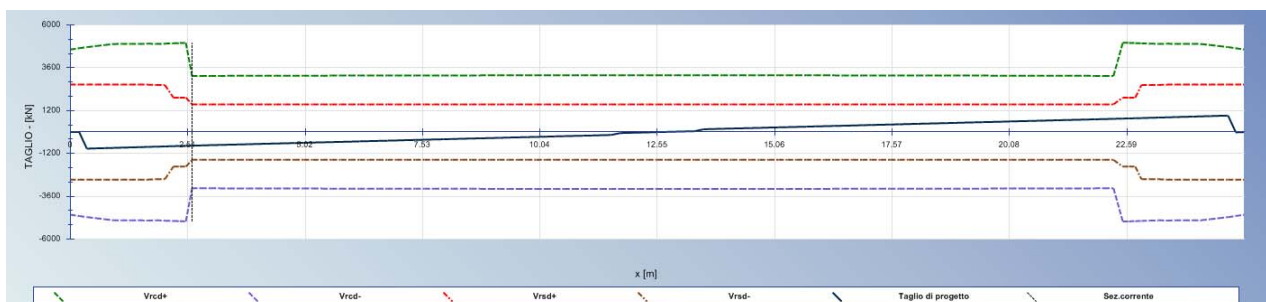




Figura 12.15

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### VERIFICA TENSIONALE - SEZIONE [67] x = 12.55 m

-----  
Combinazione: F12.SLE - Fase: 10 - Permanenti + accidentali di III fase

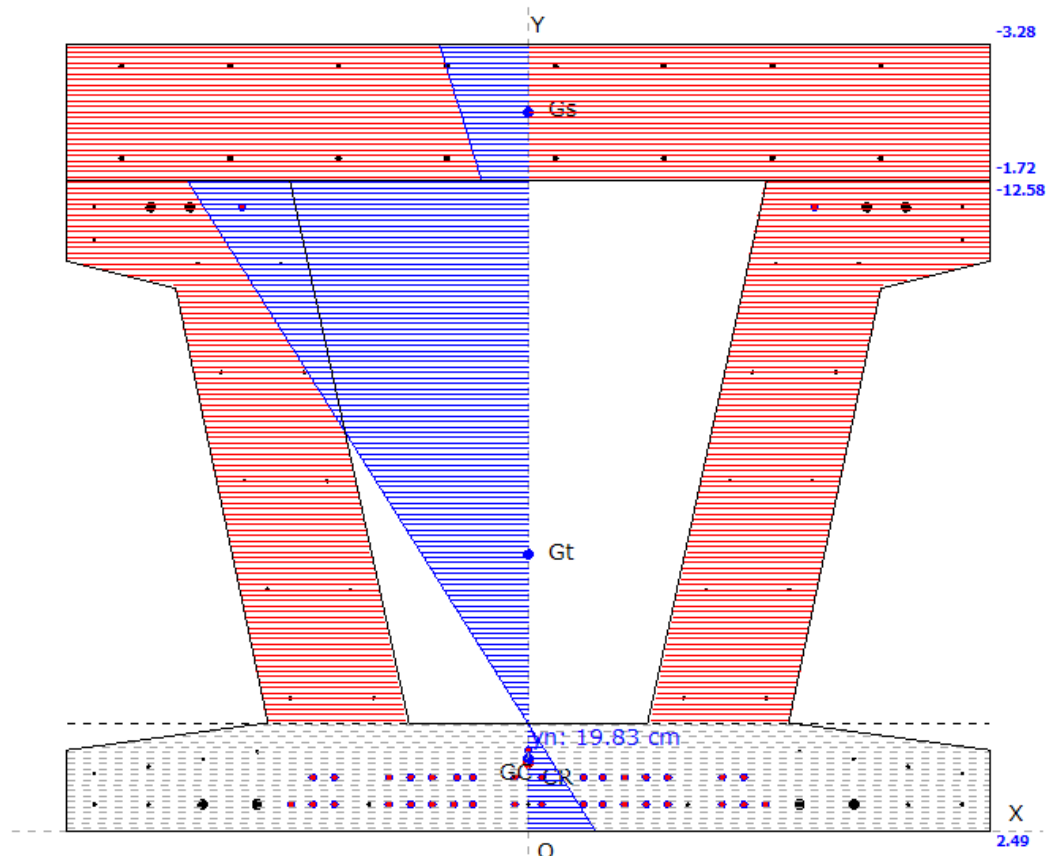


Figura 12.16



#### Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia:

- \* Azione assiale di precompressione:  $N_p = -3596.45$  kN
- \* Momento di precompressione:  $M_p = -1381.78$  kNm
- \* Sforzo normale di progetto:  $N = -3596.37$  kN
- \* Momento flettente di progetto:  $M = 3078.40$  kNm

#### Tensioni nel calcestruzzo:

- \* Tensione inf. trave:  $\sigma_{inf} = 2.49$  MPa
- \* Tensione sup. trave:  $\sigma_{sup} = -12.58$  MPa
- \* Tensione inf. soletta:  $\sigma_{inf} = -1.72$  MPa
- \* Tensione sup. soletta:  $\sigma_{sup} = -3.28$  MPa

**$\sigma_{sup} \leq 0.6f_{ckj}$  - VERIFICA POSITIVA per Comb. caratteristica rara**  
 **$\sigma_{sup} \leq 0.45f_{ckj}$  - VERIFICA POSITIVA per Comb. quasi permanente**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000002F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\sigma_{g\_inf} \leq 0.6f_{ckj}$  - VERIFICA POSITIVA per Comb. caratteristica rara  
 $\sigma_{g\_inf} \leq 0.45f_{ckj}$  - VERIFICA POSITIVA per Comb. quasi permanente  
 $\sigma_{g\_sup} \leq 0.6f_{ckj}$  - VERIFICA POSITIVA per Comb. caratteristica rara  
 $\sigma_{g\_sup} \leq 0.45f_{ckj}$  - VERIFICA POSITIVA per Comb. quasi permanente

**Tensioni armatura ordinaria trave:**

\* Tensione massima:  $\sigma_{st\_max} = -3.15$  MPa ( 47 )  
\* Tensione minima:  $\sigma_{st\_min} = -62.91$  MPa ( 41 )

$\sigma_{st\_max} \leq 0.8f_{syk}$  - VERIFICA POSITIVA

**Tensioni armatura ordinaria soletta:**

\* Tensione massima:  $\sigma_{sg\_max} = -68.85$  MPa ( 16 )  
\* Tensione minima:  $\sigma_{sg\_min} = -80.09$  MPa ( 8 )

$\sigma_{sg\_max} \leq 0.8f_{syk}$  - VERIFICA POSITIVA

**Tensioni armatura di precompressione:**

\* Tensione massima:  $\sigma_{p\_max} = 706.93$  MPa ( 31 )  
\* Tensione minima:  $\sigma_{p\_min} = 676.43$  MPa ( 16 )

$\sigma_{p\_max} \leq 0.8f_{p(1)k}$  - VERIFICA TREFOLO/TRECCIA POSITIVA

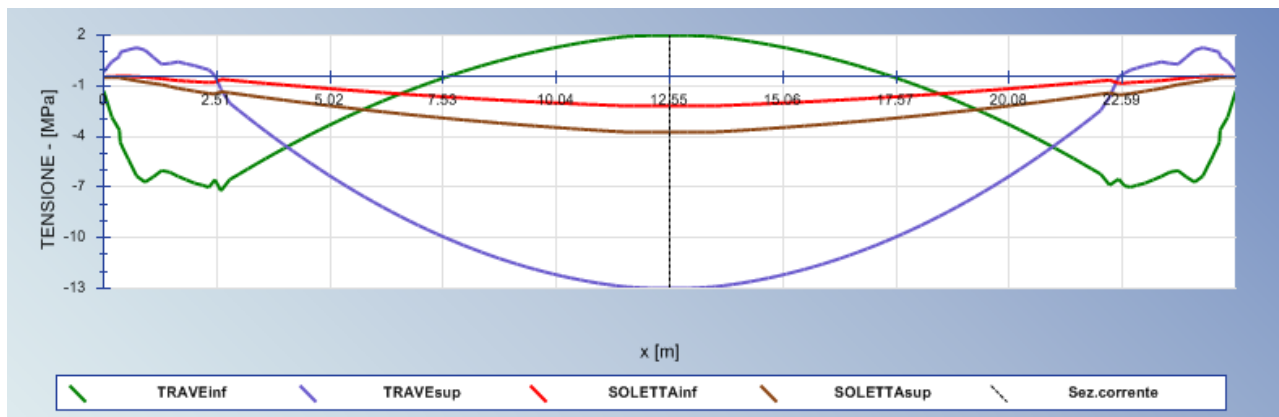
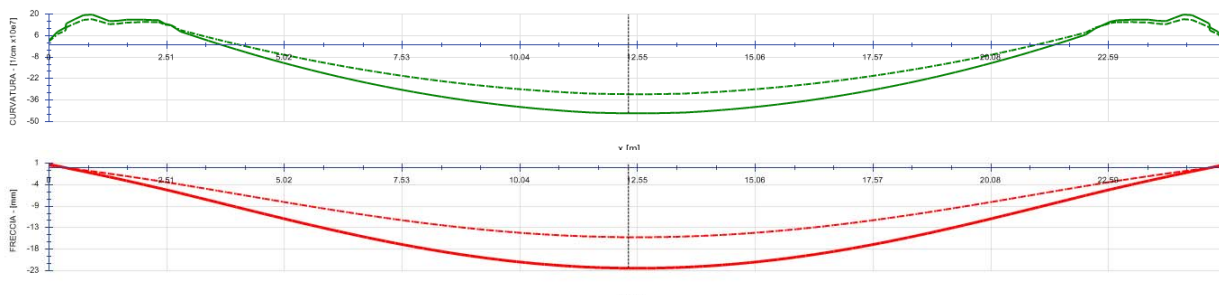


Figura 12.17

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>ASSE 1-2: Galleria artificiale</b> <b>dalla pk. 0+60.00 alla pk. 0+384.10</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA00000002F0	<table border="1"> <tr> <td><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

### STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE - SEZIONE [66] x = 12.35 m



v fm1  
Figura 12.18

-----  
Combinazione n° 19 Fase: 10 - Permanenti + accidentali di III fase  
Sollecitazioni: M = 3077.54 kNm N = -3596.37 kN

**\* I STADIO - NON FESSURATO (Sezione interamente reagente)**

Momento di inerzia baricentrico:  $I_{xg1} = 3.44E+7 \text{ cm}^4$   
Ordinata del baricentro della sezione:  $y_{g1} = 74.73 \text{ cm}$   
Area sezione omogeneizzata:  $A_{om1} = 13443.67 \text{ cm}^2$   
Ordinata asse neutro:  $y_{n1} = 19.81 \text{ cm}$   
Curvatura a breve|lungo termine:  $\chi_1 \mid \chi_1' = -3.21E-6 \mid -4.45E-6$

**\* II STADIO - FESSURATO (Sezione parzializzata)**

Momento di inerzia baricentrico:  $I_{xg2} = 3.44E+7 \text{ cm}^4$   
Ordinata del baricentro della sezione:  $y_{g2} = 74.73 \text{ cm}$   
Area sezione omogeneizzata:  $A_{om2} = 13443.67 \text{ cm}^2$   
Ordinata asse neutro:  $y_{n2} = 19.81 \text{ cm}$   
Curvatura a breve|lungo termine:  $\chi_2 \mid \chi_2' = -3.21E-6 \mid -4.45E-6$   
Resistenza media cilindrica a trazione:  $f_{ctm} = 4.50 \text{ MPa}$   
Massima tensione:  $\sigma = 2.49 \text{ MPa}$   
Coefficiente di interpolazione:  $\zeta = 0.00$

**- Curvatura finale a breve | lungo termine:  $\chi \mid \chi' = -3.21E-6 \mid -4.45E-6$**

**- Freccia finale a breve | lungo termine:  $\delta \mid \delta' = -1.550 \text{ cm} \mid -2.241 \text{ cm}$**