

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

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

<p><i>Unità Funzionale</i> OPERA DI ATTRAVERSAMENTO</p> <p><i>Tipo di sistema</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> SISTEMAZIONI ESTERNE E OPERE ACCESSORIE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> SICILIA – CUNICOLO IMPIANTI</p> <p><i>Titolo del documento</i> RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">PG0302_F0</div>
---	--

CODICE	C G 0 7 0 0 P R X D G T C O P S E 0 6 F0
--------	--

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI	<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
1 INTRODUZIONE	5
2 CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEI CUNICOLI PER CAVIDOTTI.....	6
3 TIPOLOGIA COSTRUTTIVA	7
4 CARATTERISTICHE DEI LUOGHI	9
4.1 GEOLOGIA E GEOTECNICA.....	9
4.2 CARATTERISTICHE SISMICHE	9
5 NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	10
6 MATERIALI.....	10
6.1 MATERIALI UTILIZZATI.....	10
6.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE	11
7 ANALISI DEI CARICHI	13
7.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI G_1	13
7.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI G_2	14
7.3 AZIONE SISMICA	18
8 COMBINAZIONI DI CARICO	23
8.1 COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO	23
9 MODELLAZIONE STRUTTURALE	24
9.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA.....	24
9.2 MODELLO DI CALCOLO	24
10 RISULTATI DEL CALCOLO	25
11 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	31
11.1 VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE	31
12 CONCLUSIONI	36
13 IMPIANTI.....	37
13.1 INTRODUZIONE	37
13.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	38
13.3 DISTRIBUZIONE ELETTRICA	39
13.4 CONTROLLO ACCESSI.....	39
13.5 RILEVAZIONE INCENDI	40
13.6 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	40

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ALLEGATO 1: CALCOLI ILLUMINOTECNICI CUNICOLO TECNICO 41

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

1 INTRODUZIONE

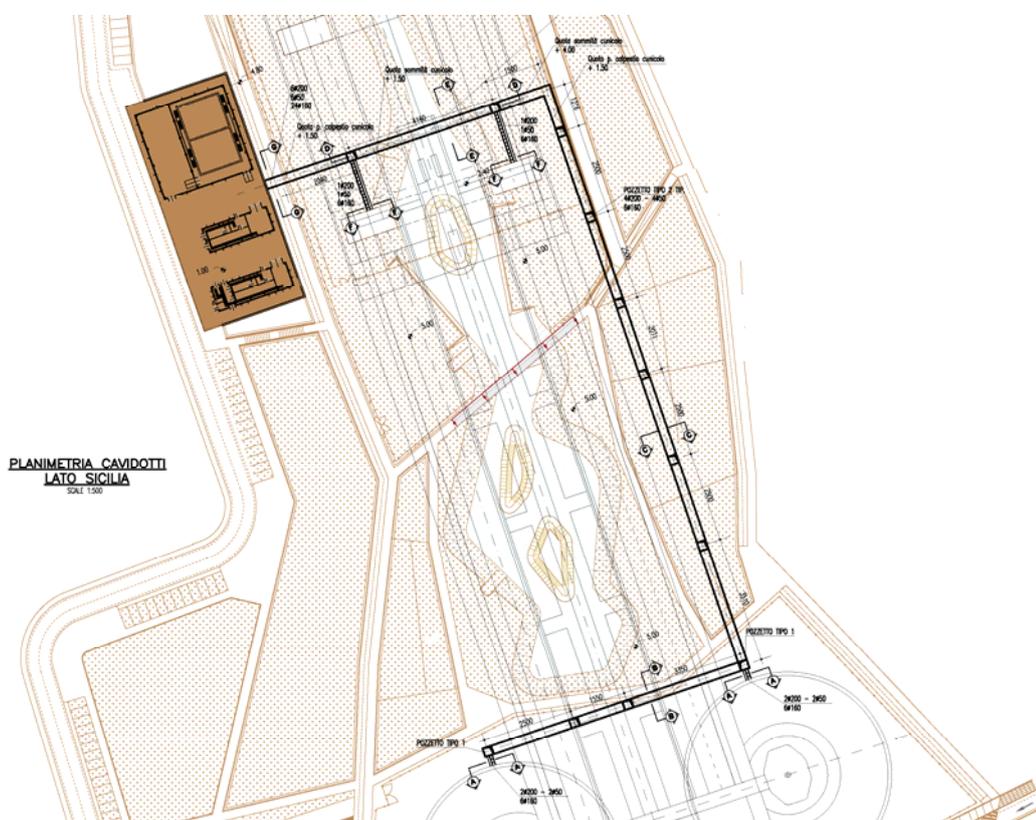
La relazione tratta gli aspetti riguardanti le opere civili dei cunicoli per cavidotti aventi funzione energia/dati/antincendio, posizionati in prossimità delle pile del ponte, lato Sicilia e Calabria.

Più precisamente i cunicoli sono ubicati in un'area compresa fra gli edifici tecnologici presenti (FIREPUMP STATION, QMT-G e QMT-SS) e le pile del ponte, al di sotto del livello del terreno.

In particolare, i cunicoli lato Sicilia si trovano collocati ad una profondità maggiore rispetto a quelli lato Calabria. Inoltre, in una zona evidenziata dalla sezione D – D, essi passano al di sotto di un laghetto che incrementa notevolmente gli sforzi sul cunicolo stesso.

Per tali ragioni, i calcoli di verifica e dimensionamento delle strutture verranno eseguiti con riferimento alle condizioni di esercizio lato Sicilia.

Si riporta di seguito un'immagine che mostra l'esatta collocazione del luogo di intervento.



L'area in esame ha dimensioni in pianta pari a 83 x 170 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEI CUNICOLI PER CAVIDOTTI

I cunicoli per cavidotti contengono impianti aventi le seguenti funzioni:

- Trasporto energetico
- Trasporto dati
- Funzione antincendio

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<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						

3 TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

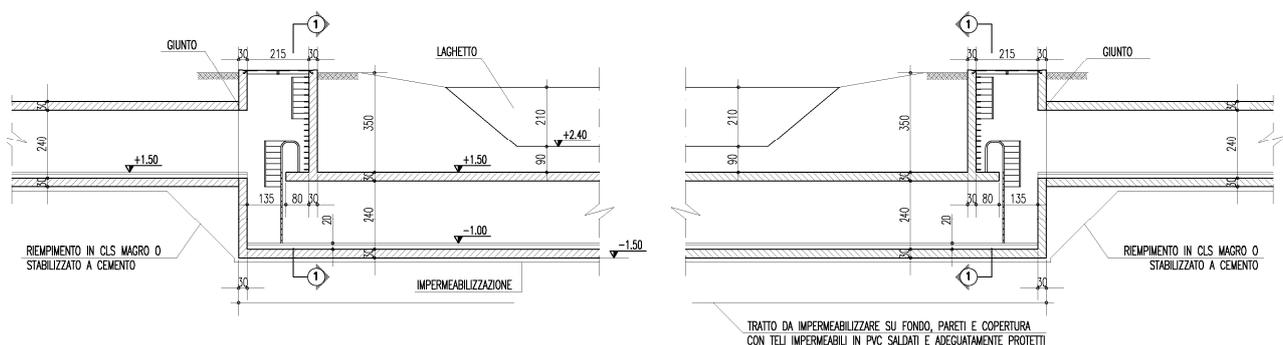
I cunicoli sono costituiti da elementi scatolari in cls armato gettato in opera. La sezione trasversale tipica ha dimensioni pari a 275 x 300 cm, mentre lo spessore delle pareti risulta pari a 30 cm.

Le dimensioni adottate per i cunicoli soddisfano sia le esigenze statiche che quelle impiantistiche.

La struttura scatolare poggia direttamente su un getto di magrone dello spessore di 15 cm.

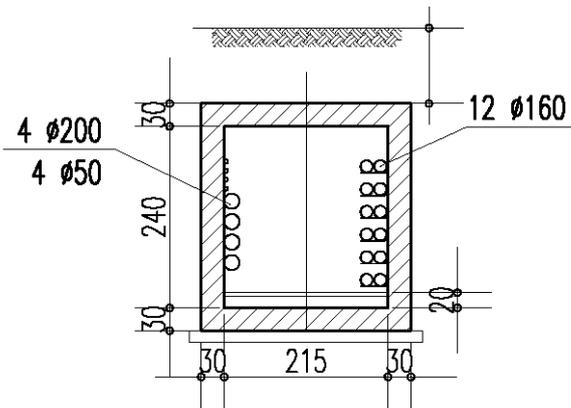
Si osservi inoltre che il tratto indicato in sezione D - D risulta collocato a quota -1.50 m sotto il livello della falda. Risulta pertanto necessario provvedere ad una completa impermeabilizzazione del tratto su fondo, pareti e copertura, da realizzare mediante teli impermeabili in PVC saldati e adeguatamente protetti.

Si riportano di seguito alcune immagini relative ai cunicoli.



Sezione D – D (tratto di passaggio sotto laghetto)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI	Codice documento PG0302_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011



Sezione tipica

Si descrivono brevemente di seguito gli elementi costituenti l'opera:

- Dopo lo scavo a livello della sottofondazione, si procederà alla compattazione e/o eventuale bonifica del terreno con materiale arido rullato e successivamente al getto del magro di pulizia.
- Armatura e getto della soletta inferiore previa impermeabilizzazione.
- Armatura e getto delle pareti in c.a. ed impermeabilizzazione.
- Armatura e getto della copertura ed impermeabilizzazione.
- Realizzazione delle finiture interne.
- Rinterro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 CARATTERISTICHE DEI LUOGHI

4.1 GEOLOGIA E GEOTECNICA

Dalle indagini eseguite si desume che, vedi documentazione geologico-tecnica allegata al progetto, il terreno nell'intorno dell'opera è così composto:

- da uno strato costituito da depositi alluvionali recenti e attuali e depositi di piana litorale, di cui si riportano le caratteristiche meccaniche:

Peso specifico:	$\gamma = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$
Coesione:	$c = 0 \text{ MPa}$
Angolo d'attrito:	$\varphi = 35^\circ - 39^\circ$
Modulo di deformabilità:	$M = 20 * Z^{0.65} \text{ MPa}$
Coefficiente di Poisson:	$\nu = 0.2$

Si prevede altresì la possibilità di bonifica del terreno per uno spessore limitato con funzione anticapillare e drenante nel caso in cui, all'atto degli scavi, si presentino disuniformità significative.

4.2 CARATTERISTICHE SISMICHE

Si fa riferimento alla normativa vigente DM 14 Gennaio 2008 ed alla classificazione di cui al programma Excel SPETTRI-NTC Versione 1.0.2 a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la definizione degli spettri di progetto.

Nonostante la regolarità della struttura, in relazione all'intensità sismica dei luoghi l'effetto sismico costituisce il carico eccezionale dimensionante delle strutture. Scopo del presente elaborato è quindi quello di garantire la sicurezza della struttura anche nei confronti dell'azione sismica.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I calcoli sono stati condotti nell'osservanza delle Normative vigenti, con particolare riferimento a Leggi, Decreti e Specifiche di seguito riportate:

- **D.M. 14.01.2008** - *Norme Tecniche per le Costruzioni.*
- **G.C.G.F.03.06** – *Specifiche Tecniche per opere d'arte minori*
- **Circolare esplicativa n. 617 del 2 febbraio 2009** - *Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (Gazzetta ufficiale del 26/03/2009 n. 47).*

6 MATERIALI

6.1 MATERIALI UTILIZZATI

I materiali utilizzati per la struttura sono di seguito elencati.

- *Calcestruzzo $f_{ck} > 35 \text{ N/mm}^2$*
- *Acciaio nervato per barre e reti di armatura B450C*

Si riportano di seguito le principali caratteristiche meccaniche in accordo con la normativa adottata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE

Calcestruzzo

Considerando il calcestruzzo di classe C35/45 si ottengono le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICA	VALORE
f_{ck} [MPa]	35.0
f_{cd} [MPa]	19.8
f_{ctd} [MPa]	1.50
E_c [MPa]	34077
ν	0.2
α [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]	$10 \cdot 10^{-6}$

dove:

f_{ck}	=	resistenza caratteristica a compressione
f_{cd}	=	resistenza di progetto a lungo termine a compressione
f_{ctd}	=	resistenza di progetto a trazione
E_c	=	modulo di elasticità
ν	=	coefficiente di Poisson
α	=	coefficiente di dilatazione termica

Acciaio per barre e reti di armatura

Considerando l'acciaio B450C si ottengono le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICA	VALORE
f_{yk} [MPa]	450
f_t [MPa]	540

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7 ANALISI DEI CARICHI

7.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI G₁

I carichi permanenti strutturali sono determinati, secondo la normativa, a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali di cui è composta la struttura.

Si riportano di seguito i pesi per unità di volume dei materiali impiegati, come da regolamento.

MATERIALI	PESO UNITA' DI VOLUME [kN/m ³]
Calcestruzzi cementizi e malte	
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25.0
Metalli e leghe	
Acciaio	78.5

Per la definizione delle dimensioni geometriche si fa riferimento ai disegni definitivi allegati alla presente relazione.

Il carico permanente strutturale totale per unità di lunghezza della struttura scatolare risulta pari a:

$$3.09 \text{ m}^3/\text{m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 77.25 \text{ kN/m}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI G₂

I carichi permanenti non strutturali sono dati dall'azione esercitata dal terreno e dall'acqua sulla struttura, e dai carichi permanenti non strutturali dovuti alle finiture interne sul piano di calpestio.

I carichi relativi al piano di calpestio gravano direttamente sul terreno e non vengono pertanto considerati nelle verifiche strutturali in esame.

Con riferimento all'azione esercitata dal terreno e dall'acqua sulla struttura, si considerano le seguenti condizioni di spinta sulle pareti laterali:

- Condizione di spinta attiva
- Condizione di spinta a riposo

Al fine di massimizzare la spinta esercitata dal terreno, si considera la sezione avente massimo ricoprimento; in particolare, la sezione più sollecitata risulta essere nel tratto indicato in sezione D - D dove è presente un ricoprimento di 3.5 m di terreno e un laghetto adiacente che innalza localmente il livello della falda.

Di seguito si farà pertanto riferimento ad essa ai fini del calcolo.

Uno schema illustrativo della sezione in esame è già stato riportato al paragrafo 3.

Condizione di spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva può essere calcolato come segue:

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$$

Nel seguito si adotterà l'approccio 2 definito al capitolo 6 del D.M.2008, che prevede la seguente combinazione:

$$A1 + M1 + R1$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I coefficienti parziali dei materiali risultano, in tal caso, unitari.

Ne risulta pertanto, in accordo con quanto indicato al paragrafo 4.1:

$$\phi = 35^\circ$$

da cui:

$$K_a = 0.27$$

La pressione efficace esercitata dal terreno al lembo superiore della struttura scatolare risulta pertanto:

$$p_{eff} = \gamma' \cdot H_{min} \cdot K_a = (20 - 10) \cdot 3.5 \cdot 0.27 = 9.45 \text{ kN/m}^2$$

La pressione efficace esercitata dal terreno al lembo inferiore della struttura scatolare risulta invece:

$$p_{eff} = \gamma' \cdot H_{max} \cdot K_a = (20 - 10) \cdot 6.5 \cdot 0.27 = 17.55 \text{ kN/m}^2$$

Si considera inoltre la spinta idrostatica dovuta all'acqua:

$$p_w = \gamma_w \cdot H_{w,min} = 10 \cdot 3.5 = 35 \text{ kN/m}^2 \quad \text{al lembo superiore}$$

$$p_w = \gamma_w \cdot H_{w,max} = 10 \cdot 6.5 = 65 \text{ kN/m}^2 \quad \text{al lembo inferiore}$$

Risulta in definitiva:

$$p_{tot,min} = 9.45 + 35 = 44.5 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{tot,max} = 17.55 + 65 = 82.6 \text{ kN/m}^2$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizione di spinta a riposo

Il coefficiente di spinta attiva può essere calcolato come segue:

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

Nel seguito si adatterà l'approccio 2 definito al capitolo 6 del D.M.2008, che prevede la seguente combinazione:

$$A1 + M1 + R1$$

I coefficienti parziali dei materiali risultano, in tal caso, unitari.

Ne risulta pertanto, in accordo con quanto indicato al paragrafo 4.1:

$$\phi = 35^\circ$$

da cui:

$$K_0 = 0.43$$

La pressione efficace esercitata dal terreno al lembo superiore della struttura scatolare risulta pertanto:

$$p_{eff} = \gamma' \cdot H_{min} \cdot K_0 = (20 - 10) \cdot 3.5 \cdot 0.43 = 15.05 \text{ kN/m}^2$$

La pressione efficace esercitata dal terreno al lembo inferiore della struttura scatolare risulta invece:

$$p_{eff} = \gamma' \cdot H_{max} \cdot K_0 = (20 - 10) \cdot 6.5 \cdot 0.43 = 27.95 \text{ kN/m}^2$$

Si considera inoltre la spinta idrostatica dovuta all'acqua:

$$p_w = \gamma_w \cdot H_{w,min} = 10 \cdot 3.5 = 35 \text{ kN/m}^2 \quad \text{al lembo superiore}$$

$$p_w = \gamma_w \cdot H_{w,max} = 10 \cdot 6.5 = 65 \text{ kN/m}^2 \quad \text{al lembo inferiore}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Risulta in definitiva:

$$p_{tot,min} = 15.05 + 35 = 50.1 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{tot,max} = 27.95 + 65 = 93.0 \text{ kN/m}^2$$

Azioni sulla copertura

Con riferimento alle azioni sulla copertura, si ottengono i valori riportati nel seguito.

La pressione verticale efficace esercitata dal terreno può essere calcolata come:

$$p_{v,eff} = \gamma' \cdot H_{min} = (20 - 10) \cdot 3.5 = 35 \text{ kN/m}^2$$

La pressione verticale dovuta alla presenza dell'acqua è determinata come:

$$p_{v,w} = \gamma_w \cdot H_w = (20 - 10) \cdot 3.5 = 35 \text{ kN/m}^2$$

La pressione verticale totale agente sulla copertura risulta pertanto:

$$p_{tot} = 70 \text{ kN/m}^2$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.3 AZIONE SISMICA

Il calcolo dei cunicoli viene condotto con riferimento all'azione sismica relativa alla località di Messina, che è il comune più prossimo al sito di costruzione. La zona in cui è individuata l'opera esaminata nel presente documento ricade all'interno di un reticolo topografico individuato quindi per il comune di Messina, Provincia di Messina nella regione Sicilia.

Trattandosi di un'opera minore, si considera una vita nominale pari a $V_N = 50$ anni e una classe d'uso III, da cui si ricava il coefficiente d'uso $C_U = 1.5$.

Quindi il periodo di riferimento per la costruzione è 75 anni.

Sulla base dei valori sopra riportati, si ottengono i seguenti valori di progetto in funzione dei vari stati limite considerati:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0.077	2.326	0.290
SLD	75	0.102	2.305	0.313
SLV	712	0.295	2.431	0.373
SLC	1462	0.394	2.466	0.404

Per quanto riguarda le caratteristiche del terreno viene considerata una categoria di sottosuolo di tipo B, e una categoria topografica di tipo T1.

Di seguito, in accordo alla normativa adottata, si farà uso del metodo pseudo-statico.

In particolare, nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<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						

dove:

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa in sito

g = accelerazione di gravità

L'accelerazione massima attesa in sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica e topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di riferimento rigido

Nel caso in esame, risulta:

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.295 g
F_o	2.431
T_c^*	0.373 s
S_S	1.114
C_C	1.340
S_T	1.000
q	1.000

da cui:

$$a_{\max} = 1.11 \cdot 1.0 \cdot 0.295 \cdot 9.81 = 3.21 \text{ m/s}^2$$

Poiché la struttura non è in grado di subire spostamenti relativi con il terreno circostante, si assumerà un coefficiente β_m di valore unitario.

Si ottiene pertanto:

$$\beta_m = 1$$

Se ne ricava in definitiva:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </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						

$$k_h = 1.0 \cdot \frac{2.83}{9.81} = 0.33$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot 0.33 = \pm 0.17$$

Calcolo della spinta sismica

Il calcolo della spinta sismica viene effettuato in accordo alla teoria di Mononobe-Okabe.

In particolare, la spinta sismica del terreno e del fluido possono essere calcolate, nell'ipotesi di terreno impermeabile in condizioni dinamiche, come:

$$\sigma_{HE} = \gamma' \cdot h \cdot (1 \pm k_v) \cdot K_{AE} + \gamma_w \cdot h$$

dove:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]}$$

in cui:

γ' = peso specifico del terreno efficace

φ = angolo d'attrito del terreno

β = angolo intradosso pareti rispetto all'orizzontale

δ = angolo di attrito terra-muro

i = inclinazione del terreno

θ = inclinazione forza totale applicata al cuneo

$$\tan \theta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma'} \cdot \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

Si ottiene pertanto:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<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						

$$\theta_+ = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma'} \frac{k_h}{1+k_v}\right) = \arctan\left(\frac{20}{10} \frac{0.33}{1+0.17}\right) = 29.43^\circ$$

$$\theta_- = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma'} \frac{k_h}{1-k_v}\right) = \arctan\left(\frac{20}{10} \frac{0.33}{1-0.17}\right) = 38.50^\circ$$

Risulta inoltre:

$$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\beta = 0$$

$$\delta = 0$$

$$i = 0$$

Si ottiene pertanto:

$$K_{AE}^+ = 1.04$$

$$K_{AE}^- = 1.63$$

La pressione orizzontale efficace σ_{HE} esercitata dal terreno al lembo superiore della struttura scatolare per effetto dell'azione sismica risulta pertanto:

$$\sigma_{HE}^+ = 10 \cdot 3.5 \cdot (1 + 0.17) \cdot 1.04 + 10 \cdot 3.5 = 77.6 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{HE}^- = 10 \cdot 3.5 \cdot (1 - 0.17) \cdot 1.63 + 10 \cdot 3.5 = 82.4 \text{ kN/m}^2$$

La pressione orizzontale efficace σ_{HE} esercitata dal terreno al lembo inferiore della struttura scatolare per effetto dell'azione sismica risulta inoltre:

$$\sigma_{HE}^+ = 10 \cdot 6.5 \cdot (1 + 0.17) \cdot 1.04 + 10 \cdot 6.5 = 144.1 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{HE}^- = 10 \cdot 6.5 \cdot (1 - 0.17) \cdot 1.63 + 10 \cdot 6.5 = 152.9 \text{ kN/m}^2$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Se ne deduce pertanto che la condizione di accelerazione verticale verso il basso (k_v negativa) risulta più sfavorevole ai fini delle verifiche.

Si considereranno pertanto nel seguito i seguenti valori di azioni (comprensivi della spinta idrostatica dell'acqua):

$$\sigma_{HE} = 10 \cdot 3.5 \cdot (1 - 0.17) \cdot 1.63 + 10 \cdot 3.5 = 82.4 \text{ kN/m}^2 \quad \text{al lembo superiore}$$

$$\sigma_{HE} = 10 \cdot 6.5 \cdot (1 - 0.17) \cdot 1.63 + 10 \cdot 6.5 = 152.9 \text{ kN/m}^2 \quad \text{al lembo inferiore}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8 COMBINAZIONI DI CARICO

8.1 COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ai fini delle verifiche agli stati limite ultimi, in accordo con le normative adottate, si definiscono le combinazioni delle azioni di seguito riportate.

- Combinazioni che massimizzano le sollecitazioni nella soletta superiore

$$\text{CC 1 } 1.3 \cdot G_{\text{str}} + 1.5 \cdot G_{\text{ric}} + 1.5 \cdot S_{\text{a,dx}} + 1.5 \cdot S_{\text{a,sx}}$$

$$\text{CC 2 } 1.3 \cdot G_{\text{str}} + 1.5 \cdot G_{\text{ric}} + 1.5 \cdot 0.5 \cdot S_{\text{a,dx}} + 1.5 \cdot S_{\text{a,sx}}$$

- Combinazioni che massimizzano le sollecitazioni nelle pareti laterali

$$\text{CC 3 } 1.3 \cdot G_{\text{str}} + 1.5 \cdot G_{\text{ric}} + 1.5 \cdot S_{\text{0,dx}} + 1.5 \cdot S_{\text{0,sx}}$$

$$\text{CC 4 } 1.3 \cdot G_{\text{str}} + 1.5 \cdot G_{\text{ric}} + 1.5 \cdot 0.5 \cdot S_{\text{0,dx}} + 1.5 \cdot S_{\text{0,sx}}$$

- Combinazione sismica

$$\text{CC5 } 1.0 \cdot G_{\text{str}} + 1.0 \cdot G_{\text{ric}} + 1.0 \cdot S_{\text{AE,dx}} + 1.0 \cdot S_{\text{0,sx}}$$

Nelle equazioni precedenti i simboli assumono i seguenti significati:

- G_{str} è il peso proprio strutturale dell'opera
- G_{ric} è il peso proprio del terreno e dell'acqua sovrastante la soletta superiore
- $S_{\text{a,dx}}$ è la spinta attiva sulla parete di destra
- $S_{\text{a,sx}}$ è la spinta attiva sulla parete di sinistra
- $S_{\text{0,dx}}$ è la spinta a riposo sulla parete di destra
- $S_{\text{0,sx}}$ è la spinta a riposo sulla parete di sinistra
- $S_{\text{AE,dx}}$ è la spinta sismica sulla parete di destra

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9 MODELLAZIONE STRUTTURALE

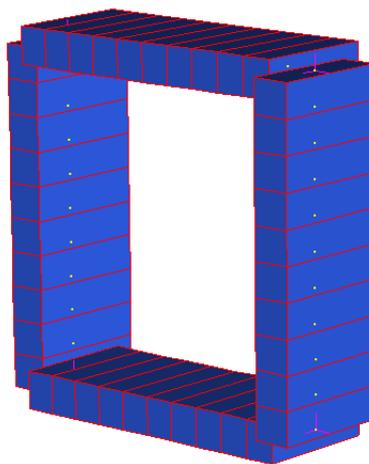
La modellazione strutturale è stata realizzata utilizzando il programma di calcolo Straus7 Release 2.4.4, sviluppato da Strand7 Pty Ltd.

9.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura è stata schematizzata come piana nelle deformazioni, appoggiata inferiormente su un letto di molle alla Winkler con rigidità tipica per i terreni presenti in situ e pari a 4.0 kg/cm^3 . L'analisi è stata pertanto condotta considerando una struttura scatolare di lunghezza unitaria.

9.2 MODELLO DI CALCOLO

Si riportano di seguito alcune immagini che mostrano il modello della struttura così come realizzato in Straus7.



Schema strutturale – vista solid

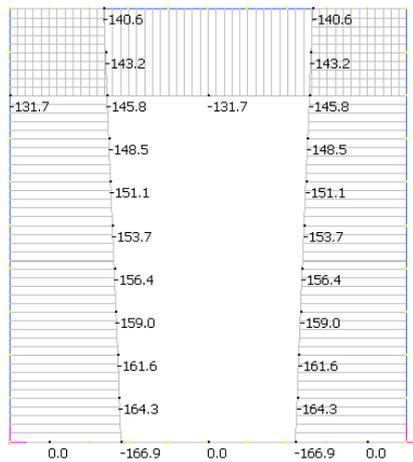
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: 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						

10 RISULTATI DEL CALCOLO

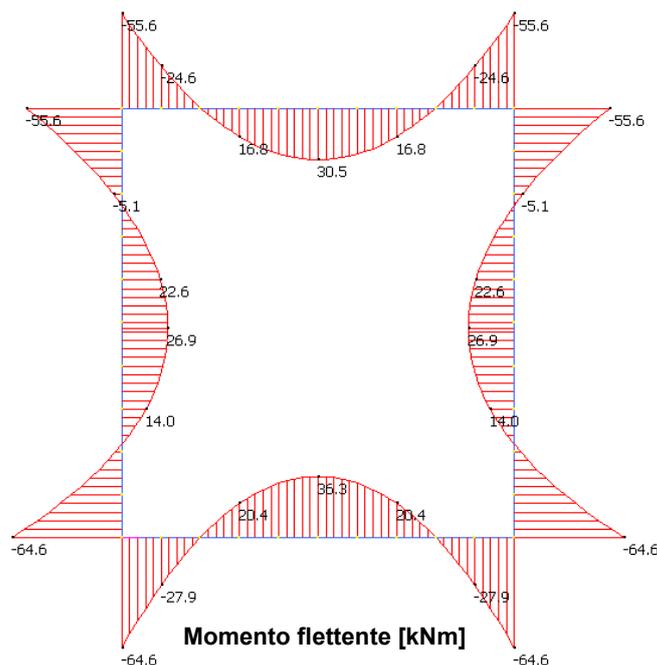
Nel presente capitolo si riportano gli output più significativi dell'analisi, così come ottenuti dal programma di calcolo.

In particolare, si riportano nell'ordine i risultati ottenuti per le combinazioni di carico descritte al capitolo 8.

- CC 1



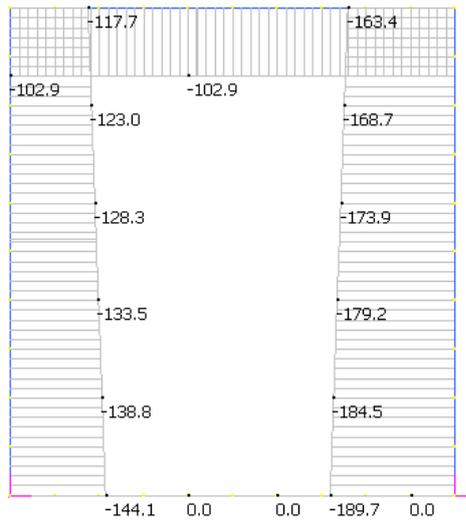
Azione assiale [kN]



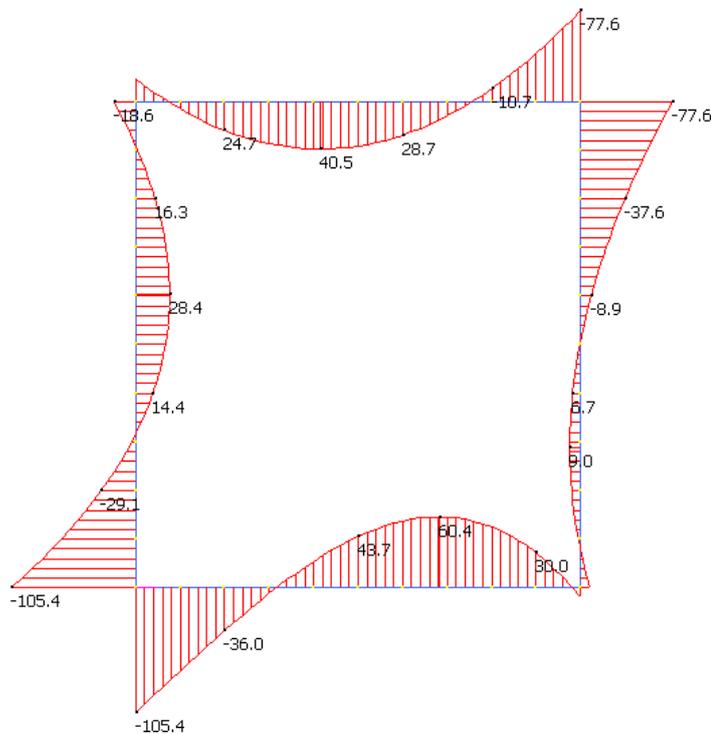
Momento flettente [kNm]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<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						

- CC 2



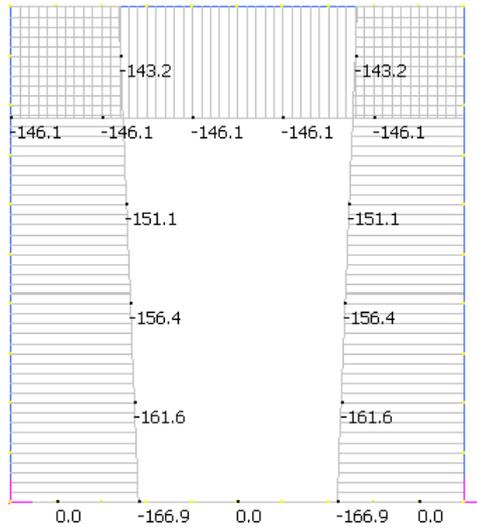
Azione assiale [kN]



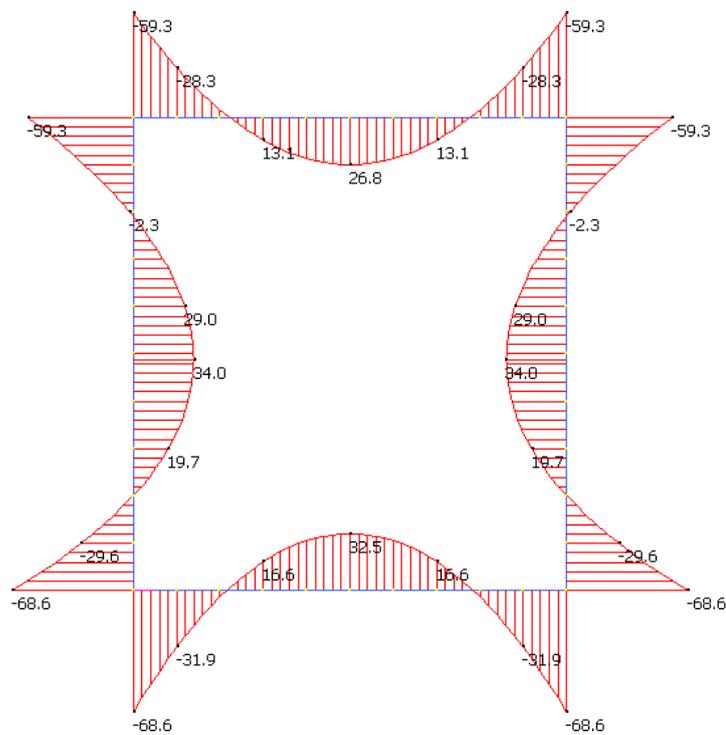
Momento flettente [kNm]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><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						

- CC 3



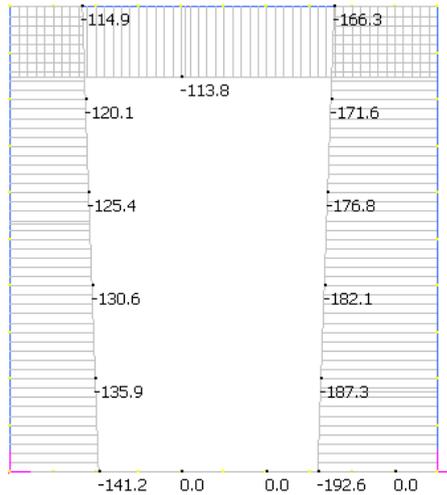
Azione assiale [kN]



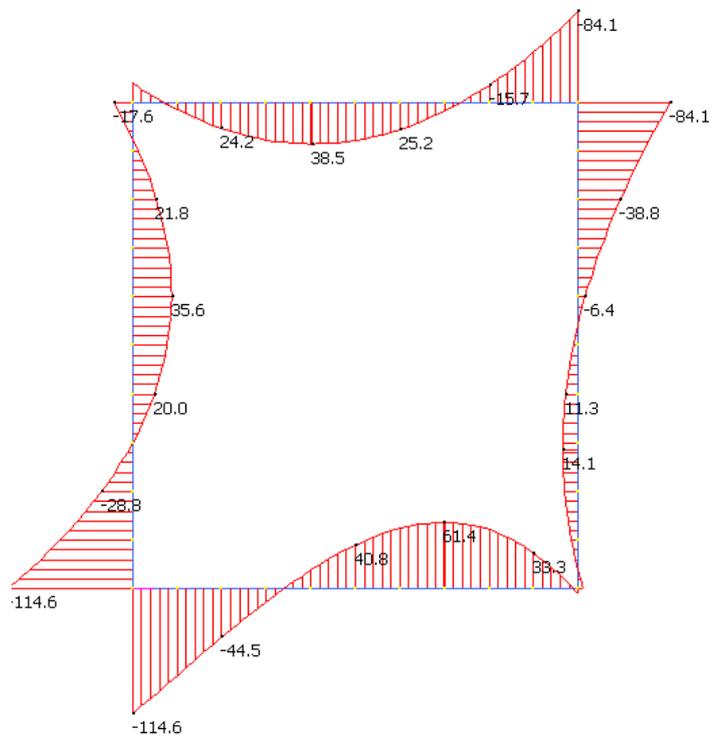
Momento flettente [kNm]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<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						

- CC 4

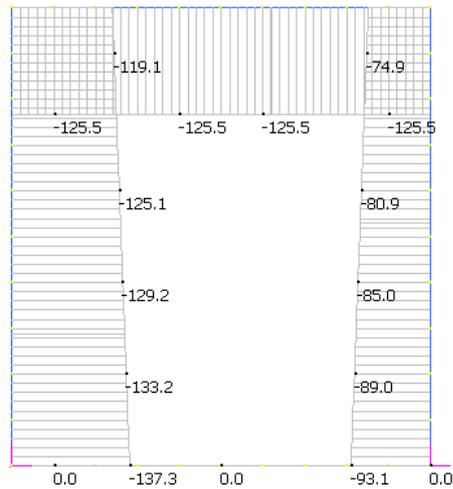


Azione assiale [kN]

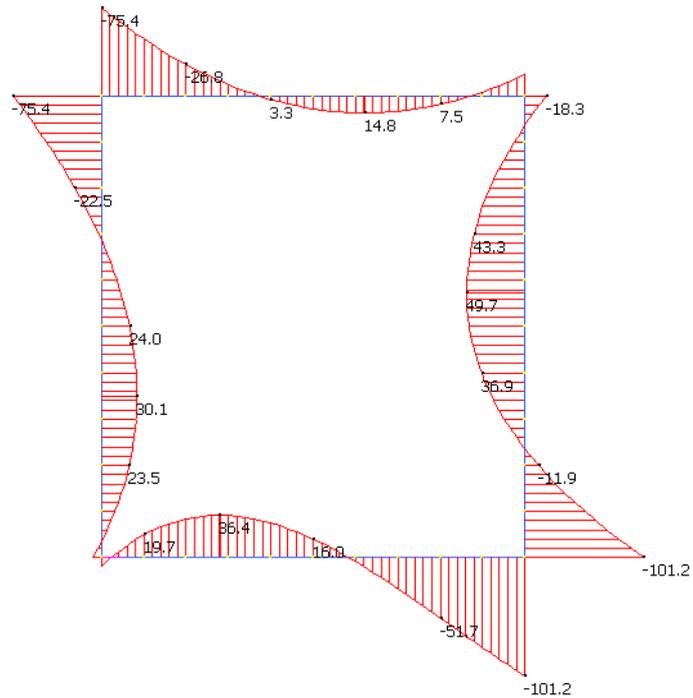


Momento flettente [kNm]

- CC 5



Azione assiale [kN]



Momento flettente [kNm]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si evidenziano in particolare di seguito le massime azioni ricavate dal calcolo.

Soletta superiore:

$$M_{\max} = 40.5 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = -84.1 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = 140.6 \text{ kN}$$

A favore di sicurezza si trascura il contributo dell'azione assiale, essendo questa di compressione.

Pareti laterali:

$$M_{\max} = 49.7 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = -114.6 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = 185.4 \text{ kN}$$

Anche in questo caso si trascura, a favore di sicurezza, il contributo dell'azione assiale essendo questa di compressione.

Soletta inferiore:

$$M_{\max} = 61.4 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = -114.6 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = 138 \text{ kN}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

11.1 VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE

Si riportano di seguito le verifiche dei principali elementi strutturali sulla base dei risultati riportati al capitolo precedente.

Soletta superiore

Come precedentemente riassunto, le massime sollecitazioni risultano:

$$M_{\max} = 40.5 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = -84.1 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = 140.6 \text{ kN}$$

Si riporta la verifica a flessione e a taglio per la soletta in esame, assumendo le armature si seguito descritte:

Armature longitudinali

Lembo inferiore: $\Phi 16/15$

Lembo superiore: $\Phi 16/15$

Staffe

Non necessarie staffe aggiuntive a quelle minime da normativa

Titolo : Soletta superiore

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	7
2	13.39	23

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C C35/45
ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 19.83
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

M_{xRd} kN m
σ_c -19.83 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 11.88 ‰
d 23 cm
x 5.233 x/d 0.2275
δ 0.7244

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sezione C.A.
File

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
 Precompresso

Titolo : Soletta superiore

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	7
2	13.39	23

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C C35/45
ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 19.83
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

M_{xRd} kN m
σ_c -19.83 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 11.88 ‰
d 23 cm
x 5.233 x/d 0.2275
δ 0.7244

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sezione C.A.
File

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
 Precompresso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		Codice documento PG0302_F0.doc	Rev F0 Data 20/06/2011

elementi SENZA armature trasversali resistenti al taglio

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

bw	1000	mm
d	230	mm
Ac	300000	mm ²
NEd	0	kN
σ_{cp}	0.00	N/mm ²
Asl	2677.00	mm ²
k	1.93	
v_{min}	0.57	
ρ_l	0.012	

deve essere <0,2fcd

4.23

deve essere <2

deve essere <0,02

VRd =	187.54	kN
VSd =	140	kN

non è necessaria armatura per il taglio

Come si può osservare, le verifiche risultano soddisfatte.

Pareti laterali

Come si può notare dai diagrammi delle azioni precedentemente riportati, le massime sollecitazioni risultano:

$$M_{\max} = 49.7 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = -114.6 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = 185.4 \text{ kN}$$

Armature longitudinali

Lembo inferiore: Φ16/15

Lembo superiore: Φ16/15

Staffe

Non necessarie staffe aggiuntive a quelle minime da normativa

Titolo: Pareti laterali

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	7
2	13.39	23

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
B450C C35/45
ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19.83 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

M_{xRd} kN m
σ_c -19.83 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 11.88 ‰
d 23 cm
x 5.233 x/d 0.2275
δ 0.7244

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sezione C.A.
File

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
 Precompresso

Titolo: Pareti laterali

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	7
2	13.39	23

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
B450C C35/45
ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19.83 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

M_{xRd} kN m
σ_c -19.83 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 11.88 ‰
d 23 cm
x 5.233 x/d 0.2275
δ 0.7244

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sezione C.A.
File

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
 Precompresso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		Codice documento PG0302_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Rev</td> <td style="text-align: center;">Data</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

elementi SENZA armature trasversali resistenti al taglio				
$V_{Rd} = \left\{ 0,18k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$				
bw	1000	mm		
d	230	mm		
Ac	300000	mm ²		
NEd	0	kN		
σ_{cp}	0.00	N/mm ²	deve essere <0,2fcd	4.23
Asl	2677.00	mm ²		
k	1.93		deve essere <2	
v_{min}	0.57			
ρ_l	0.012		deve essere <0,02	
VRd =	187.54	kN		
VSd =	185	kN	non è necessaria armatura per il taglio	

Soletta inferiore

Per la soletta inferiore, le massime sollecitazioni risultano:

$$M_{\max} = 61.4 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = -114.6 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = 138 \text{ kN}$$

Si prevede tuttavia di disporre, per continuità, le stesse armature presenti nelle pareti laterali. Essendo le sollecitazioni presenti nella soletta inferiore minori di quelle considerate per le pareti, le verifiche risultano automaticamente soddisfatte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12 CONCLUSIONI

Le analisi effettuate ed i risultati ottenuti confermano che la struttura presa in considerazione è idonea, nelle condizioni geometriche di progetto, a sostenere le azioni calcolate secondo la vigente normativa tecnica. Le verifiche sono state condotte prendendo in considerazione tutti i principali meccanismi di collasso delle varie membrature strutturali.

In tutti i casi le verifiche risultano soddisfatte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13 IMPIANTI

13.1 INTRODUZIONE

Verranno descritti di seguito gli impianti ausiliari a servizio del cunicolo sotterraneo di collegamento fra i locali tecnici posti alla base dell'opera di attraversamento e l'opera di attraversamento stessa., permettendo alle alimentazioni elettriche, alle reti dati e alle alimentazioni idrauliche di raggiungere i terminali presenti sull'opera di attraversamento e all'interno delle torri. Al fine di garantire la massima ispezionabilità e la massima manutenibilità alle dorsali di alimentazione, il cunicolo è stato pensato come pedonale e caratterizzato da una serie di accessi distribuiti lungo tutto il suo sviluppo. Nello specifico esso è caratterizzato da una struttura scatolare 2.15x2.20 m e da 12 varchi di accesso da 2.15x2.15 m. Il cunicolo sarà dotato inoltre di una serie di impianti propri, detti anche ausiliari, tra cui:

- l'impianto di illuminazione interna;
- l'impianto di forza motrice interna;
- l'impianto di rilevazione incendi;
- l'impianto di controllo accessi;

E' inoltre prevista, in corrispondenza di ogni singolo accesso, l'installazione di un estintore da 6 kg del tipo a polvere, categoria 34/A 233BC.

La figura 1, riportata di seguito, mostra la sezione tipologica del cunicolo vestita delle dotazioni impiantistiche sopra descritte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI	Codice documento PG0302_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

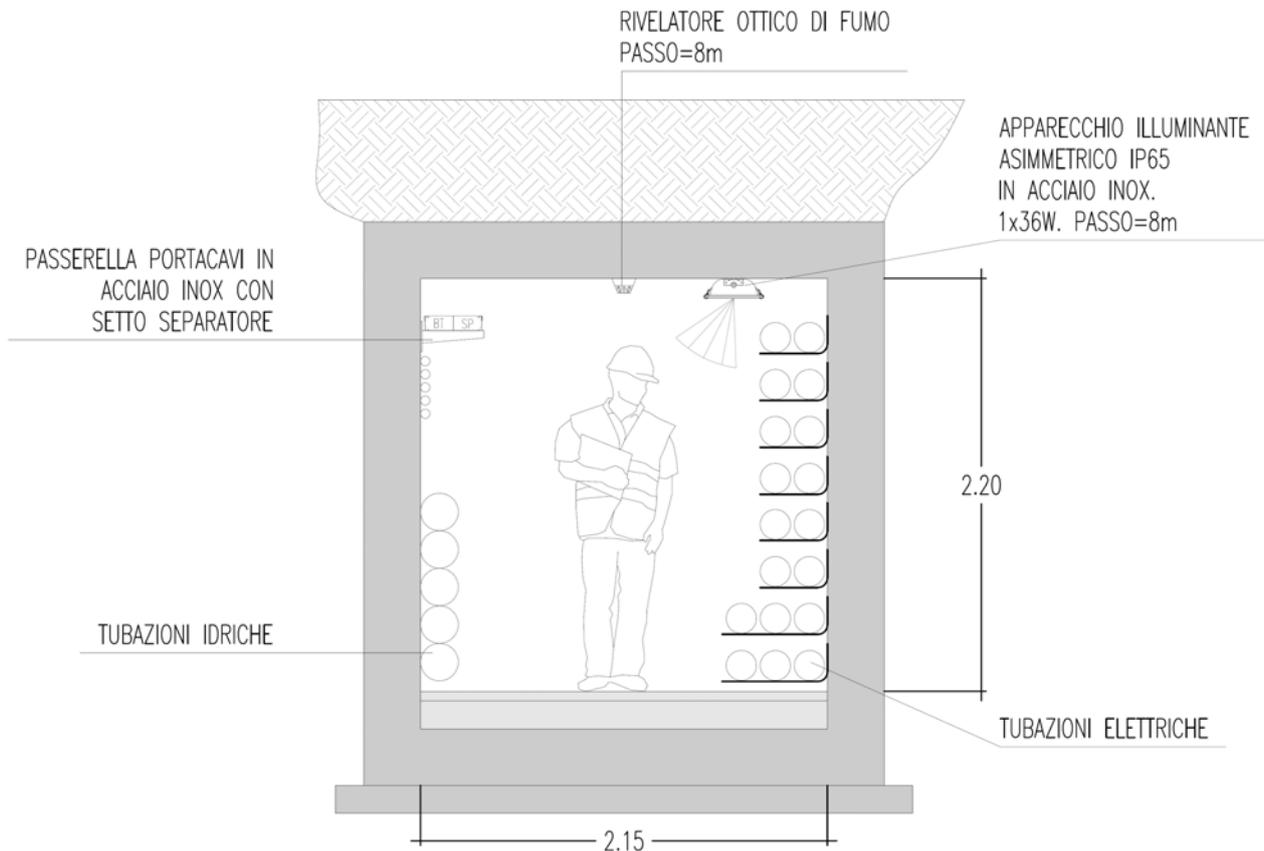


Figura 1 – Sezione tipologica vestita

13.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nello sviluppo del progetto definitivo delle opere impiantistiche descritte nel presente documento, sono stati considerati i seguenti riferimenti:

- Norma CEI 11-1 - "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali"
- Norma CEI 11-17 - "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo"
- Norma CEI 23-31 - "Canali metallici portacavi e porta apparecchi. Apparecchiature costruite in fabbrica – ACF"

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Norma CEI 64-8 - “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 Volt in corrente alternata e 1.500 Volt in corrente continua”
- Norma UNI 9795 - Sistemi fissi automatici di rivelazione, segnalazione manuale ed allarme incendi -
- Norma UNI EN 12464-1 – Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni – Ottobre 2004

13.3 DISTRIBUZIONE ELETTRICA

L'alimentazione elettrica delle apparecchiature previste all'interno del cunicolo varrà prelevata direttamente dai quadri di cabina della QMT – G. Le dorsali di alimentazione, monofasi, correranno all'interno di un canale portacavi, in acciaio inox con coperchio, staffato a parete dal quale, in corrispondenza dei terminali da alimentare, saranno previsti degli stacchi. Per l'impianto di illuminazione sarà prevista, oltre all'alimentazione ordinaria, anche un'alimentazione di emergenza ottenuta tramite dorsale in cavo del tipo FTG10(O)M1 collegata all'UPS di cabina.

Si riporta di seguito la tabella cavi di riepilogo:

Cavo FG7OM1 2x1,5	m	2905	Cavi finecorsa
Cavo FG7OM1 4x10	m	375	Linea luce normale
Cavo FG7OM1 4x16	m	375	Linea prese FM
Cavo FTG10OM1 4x10	m	375	Linea luce emergenza
Cavo N07G9-K 1x16	m	375	Cavo PE comune
Cavo FTG10OM1 2x4	m	375	Linea avvisatori

Saranno presenti inoltre, in corrispondenza di ogni accesso al cunicolo, una coppia di prese FM:

- n° 1 presa CEE 2P+T 16 A
- n° 1 presa CEE 3P+N+T 16 A

13.4 CONTROLLO ACCESSI

Al fine di rilevare l'accesso al cunicolo tecnico di personale non autorizzato saranno previsti, in corrispondenza di ogni accesso, dei contatti tipo finecorsa collegati con il PLC di cabina grazie ai quali verrà segnalato al centro di controllo qualsiasi tentativo di accesso. I segnali provenienti dai finecorsa relativi all'impianto di controllo accessi saranno riportati all'unità remota I/O di cabina

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

avente un'interfaccia Modbus TCP/IP per la connessione al nodo LAN/dati (switch).

13.5 RILEVAZIONE INCENDI

A servizio del cunicolo tecnico previsto un impianto di rilevazione incendi costituito dai seguenti elementi:

- centrale convenzionale a zone in grado di gestire fino a 12 zone di rilevazione, completa di alimentatore, tastiera e scheda a relè sino a 12 uscite
- rivelatori ottici di fumo nei locali quadri elettrici
- pulsanti manuali di allarme ubicati in corrispondenza degli accessi al cunicolo
- linee di rivelazione radiali costituite da cavo twistato e schermato

I rivelatori di fumo sono installati a soffitto in posizione baricentrica, come mostrato in figura 1.

L'impianto di rivelazione incendi si interfaccia al sistema di controllo e supervisione locale tramite segnali digitali gestiti dall'unità remota I/O di cabina. A tale scopo le centraline saranno collegate all'unità I/O di cabina tramite cavo multipolare tipo FG7(O)M1 0,6/1 kV. Le unità I/O avranno un'interfaccia Modbus TCP/IP per la connessione al nodo LAN/dati (switch).

Grazie a tale connessione il sistema di controllo e supervisione sarà in grado sia di rilevare degli allarmi incendio (un segnale di allarme per ogni zona gestita) ma anche di eseguire controlli di diagnostica generale sul sistema (segnale di avaria del sistema).

13.6 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Il cunicolo tecnico sarà dotato di un proprio impianto di illuminazione costituito da plafoniere in acciaio inox, con lampada fluorescente da 1x36 W ad ottica asimmetrica, applicate a soffitto ad interdistanza di circa 8 m l'una dall'altra. L'impianto di illuminazione verrà inoltre rafforzato in corrispondenza degli accessi al cunicolo, per i quali verranno installate due plafoniere. Il comando dell'impianto avverrà mediante degli interruttori installati a parete in corrispondenza di ogni accesso. Al fine di garantire l'illuminazione anche in condizioni di black-out della rete elettrica è stata predisposta un'alimentazione di emergenza collegata direttamente all'UPS di cabina e realizzata mediante cavi resistenti al fuoco del tipo FTG10(O)M1. Per ciò che riguarda i livelli di illuminamento si è fatto riferimento alla UNI EN 12464-1, relativa all'illuminazione sui posti di lavoro, nella quale la tipologia di ambiente che più si avvicina al caso in esame sono le gallerie di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE E IMPIANTI		<i>Codice documento</i> PG0302_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

manutenzione. Per tale destinazione d'uso è indicato un livello di illuminamento medio di 50 lux che per le operazioni di ispezione e manutenzione saltuaria previste risulta più che sufficiente.

L'allegato 1 riporta i calcoli illuminotecnici per il cunicolo tecnico.

ALLEGATO 1: CALCOLI ILLUMINOTECNICI CUNICOLO TECNICO