

# 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><b>IL PROGETTISTA</b>                  Dott. Ing. F. Colla                  Ordine Ingegneri                  Milano n° 20355                  Dott. Ing. E. Pagani                  Ordine Ingegneri Milano                  n° 15408</p> 	<p><b>IL CONTRAENTE GENERALE</b></p> <p>Project Manager                  (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>                  Direttore Generale e                  RUP Validazione                  (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b>                  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 – FABBRICATI IMPIANTI</p> <p><i>Titolo del documento</i> QMT-G, QMT-SS e Cabina MT/bt - Relazione specialistica – Predimensionamento delle strutture</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">PG0283_F0</div>
---	--

CODICE	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">X</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">T</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">O</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">S</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F0</span>
--------	--

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
1 INTRODUZIONE .....	5
2 CARATTERISTICHE FUNZIONALI DELLA CABINA .....	6
3 TIPOLOGIA COSTRUTTIVA .....	7
4 CARATTERISTICHE DEI LUOGHI .....	9
4.1 GEOLOGIA E GEOTECNICA .....	9
4.2 CARATTERISTICHE SISMICHE .....	9
5 SCHEMA PORTANTE DELLA CABINA ELETTRICA .....	10
6 NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	13
7 MATERIALI.....	14
7.1 MATERIALI UTILIZZATI .....	14
7.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE.....	15
8 ANALISI DEI CARICHI .....	17
8.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI $G_1$ .....	17
8.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_2$ .....	18
8.3 CARICHI ACCIDENTALI .....	20
8.3.1 Carichi accidentali legati al normale esercizio della struttura.....	20
8.3.2 Carichi da vento.....	20
8.3.3 Carichi da neve.....	21
8.4 AZIONE SISMICA.....	22
8.5 ANALISI DELLE MASSE .....	25
9 COMBINAZIONI DI CARICO .....	26
9.1 COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	26
10 MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	27
10.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA.....	27
10.2 MODELLO DI CALCOLO.....	27
11 RISULTATI DEL CALCOLO .....	29
12 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI .....	36
12.1 CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	36
12.2 VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE .....	38

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

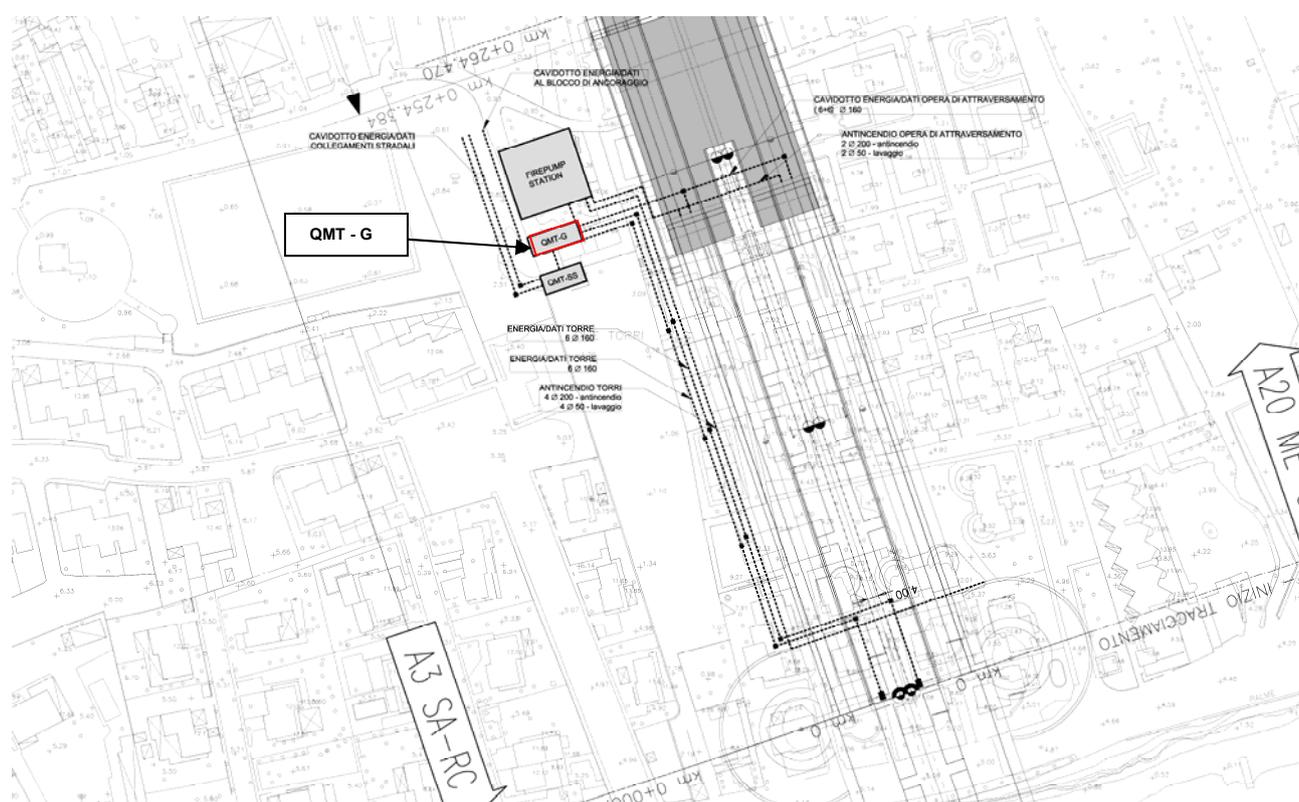
# 1 INTRODUZIONE

La relazione tratta gli aspetti riguardanti le opere civili delle cabine elettriche QMT-G, QMT-SS e Cabina MT/BT, posizionate in prossimità delle pile del ponte, lato Sicilia.

In particolare, vista la completa analogia funzionale e strutturale delle tre cabine, si farà nel seguito riferimento alla sola cabina QMT-G, come rappresentativa delle due strutture.

Più precisamente la cabina è ubicata in un'area adibita ai servizi tecnologici del ponte dove è presente anche una cabina elettrica di trasformazione e una Firepump Station.

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



L'edificio ha le seguenti dimensioni:

- In pianta: 18.85 m x 7.05 m
- Altezza massima: 3.50 m

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 CARATTERISTICHE FUNZIONALI DELLA CABINA

L'edificio ospita i seguenti locali:

- Medium voltage (20 kV) Room
- Low voltage Room
- Battery room
- Communications Room
- Emergency Diesel Generator Room

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_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

L'edificio è costituito da un'ossatura portante a telaio in c.a., mentre le pareti sono realizzate mediante muratura tradizionale armata, costituita, a titolo esemplificativo, da muratura armata in blocchi di tipo gasbeton o similari rivestiti in pietra o in blocchi di tufo.

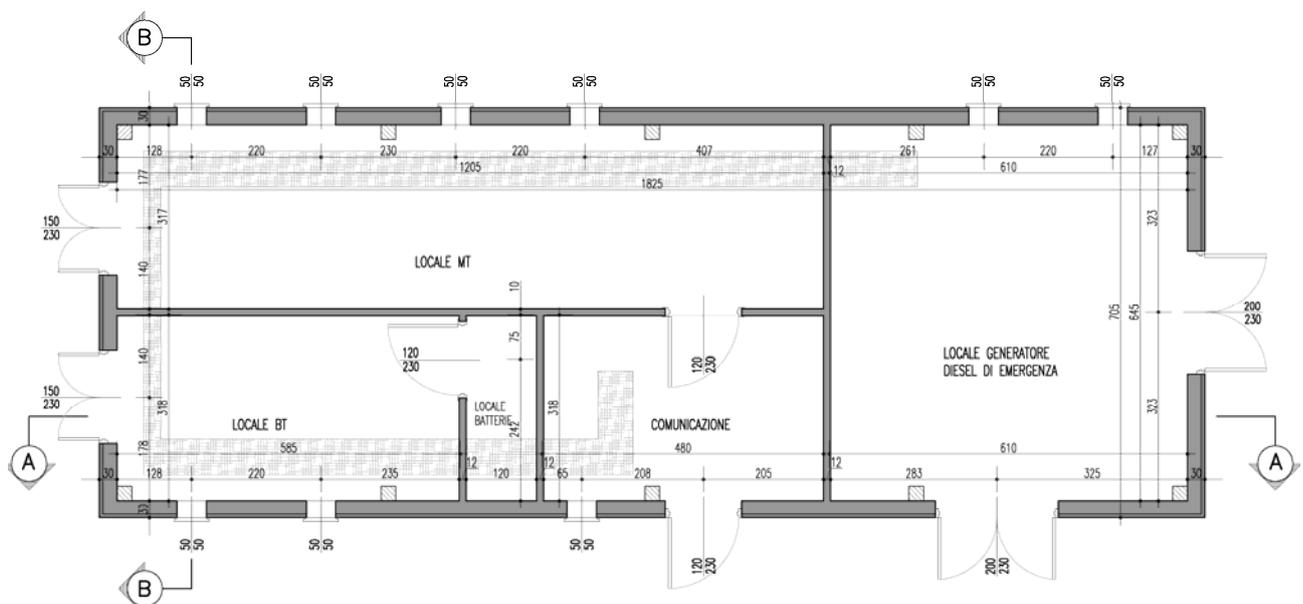
Le dimensioni adottate per i muri in gasbeton e per le murature interne soddisfano anche le esigenze di resistenza al fuoco.

La struttura tridimensionale costituita da pilastri in c.a. e muratura poggia su travi di fondazione a T rovescio che, nel complesso, formano un graticcio bidimensionale.

Il piano di calpestio viene invece realizzato secondo lo schema tipico di vespaio aerato poggiante su elementi cavi completati da getto in cls di altezza tale da consentire la realizzazione di cunicoli per i cavi di alimentazione delle apparecchiature di dimensione minima 50x50 cm.

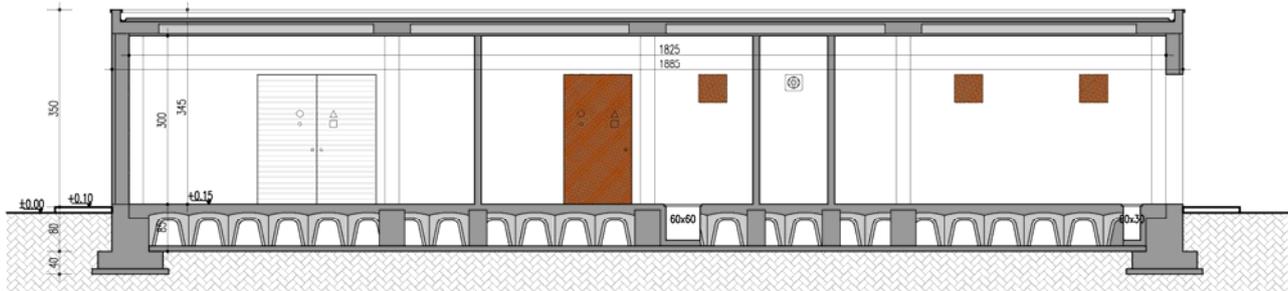
Nel complesso si tratta di un edificio di grande semplicità di cui si percepisce la forma a parallelepipedo all'interno del quale le aperture rispondono ad esigenze esclusivamente impiantistiche come forma e dimensione; la copertura è a tetto piano.

Si riportano di seguito alcune immagini che mostrano l'opera nel suo complesso.

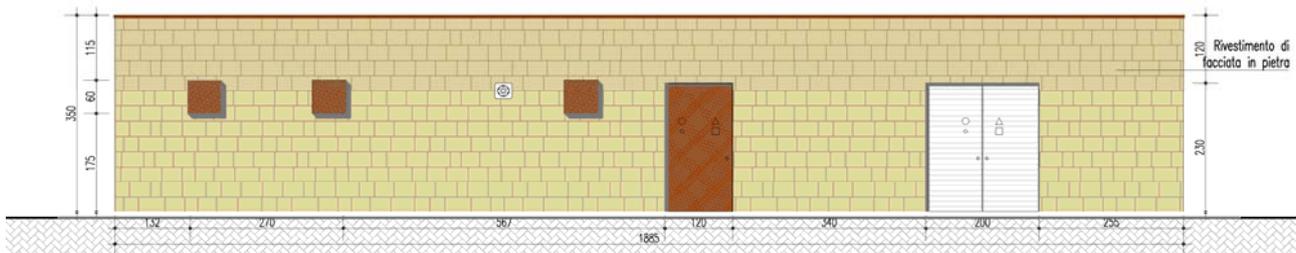


**Pianta cabina**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0283_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						



**Sezione longitudinale**



**Prospetto longitudinale**

Si descrivono di seguito, a partire dalle fondazioni, 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 delle travi rovesce di fondazione.
- Getto del magro di pulizia all'interno del perimetro delineato dalle travi rovesce di fondazione.
- Posa del vespaio aerato e dell'armatura metallica prevista e getto della soletta soprastante.
- Armatura e getto dei pilastri in c.a.
- Puntellazione, posa e getto della copertura realizzata mediante predalles.
- Realizzazione delle pareti perimetrali mediante gasbeton.
- Realizzazione delle pareti interne

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_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 di fondazione dell'edificio 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

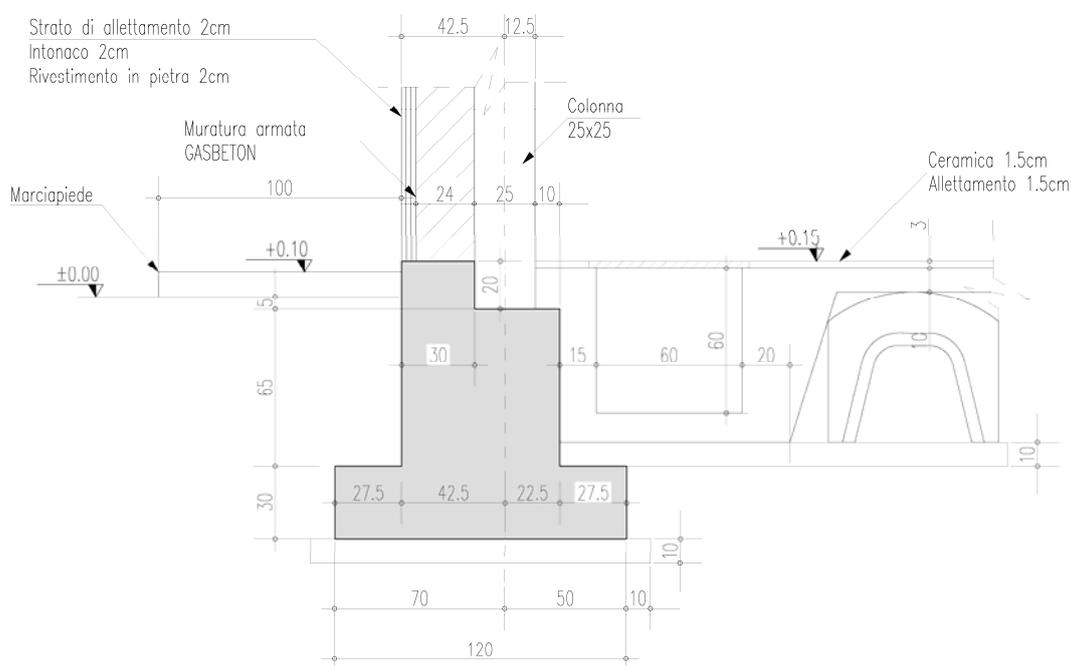
Si fa riferimento alla normativa vigente DM 14 Gennaio 2008 ed alla classificazione di cui al programma Excel SPETTRI-NTC Versione 1.0.2 a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la definizione degli spettri di progetto.

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0283_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						

## 5 SCHEMA PORTANTE DELLA CABINA ELETTRICA

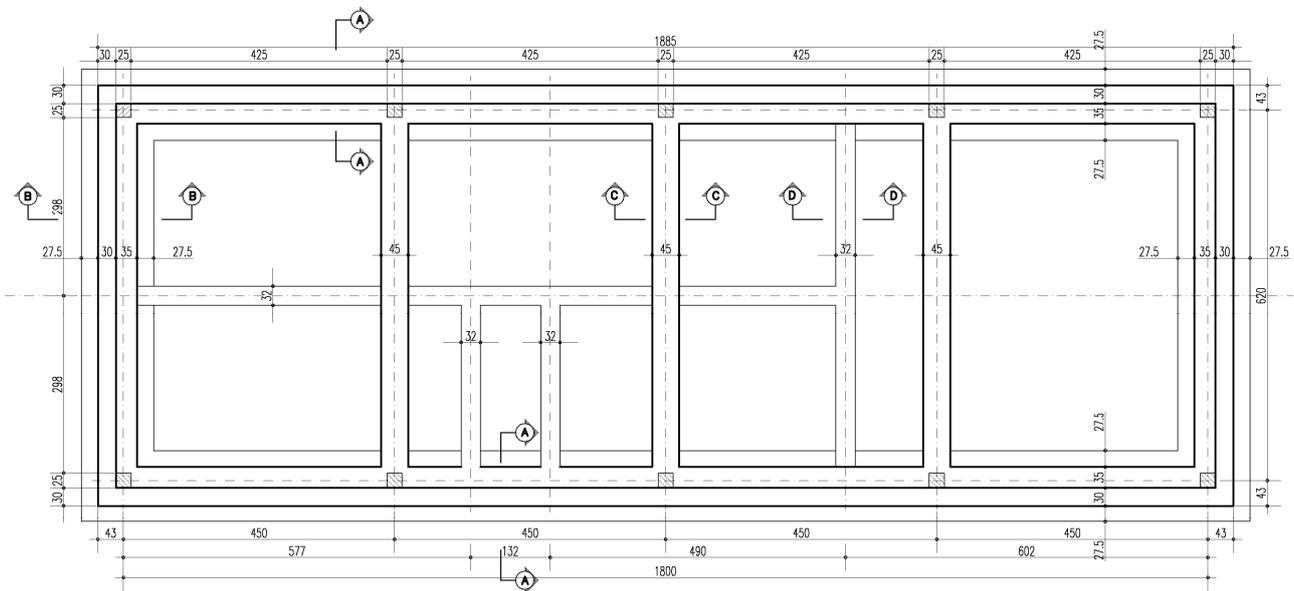
Fondazioni: sono previste fondazioni dirette realizzate mediante travi rovesce in cls armato, come mostrato nell'immagine di seguito riportata.



La struttura di elevazione è realizzata mediante pilastri in c.a. delle dimensioni 25x25 cm, con interasse longitudinale di 4.50 m e interasse trasversale di 6.20 m.

In totale sono presenti 10 pilastri.

Si riporta di seguito un'immagine che mostra la pianta delle fondazioni e dei pilastri.

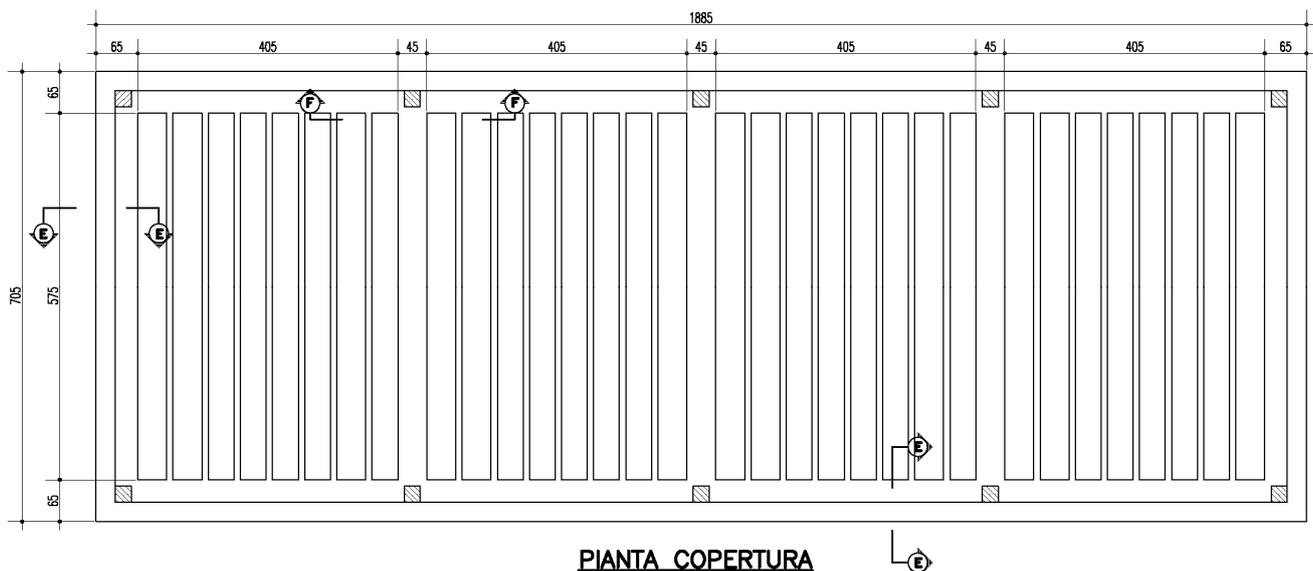


PIANTA FONDAZIONI

La copertura è realizzata mediante predalles dello spessore di 4 cm, sulle quali viene posizionato uno strato di alleggerimento in polistirolo dello spessore di 16 cm. La soletta superiore viene realizzata con getto in cls armato dello spessore di cm 4.

Le verifiche della copertura saranno redatte direttamente dal fornitore delle predalles stesse.

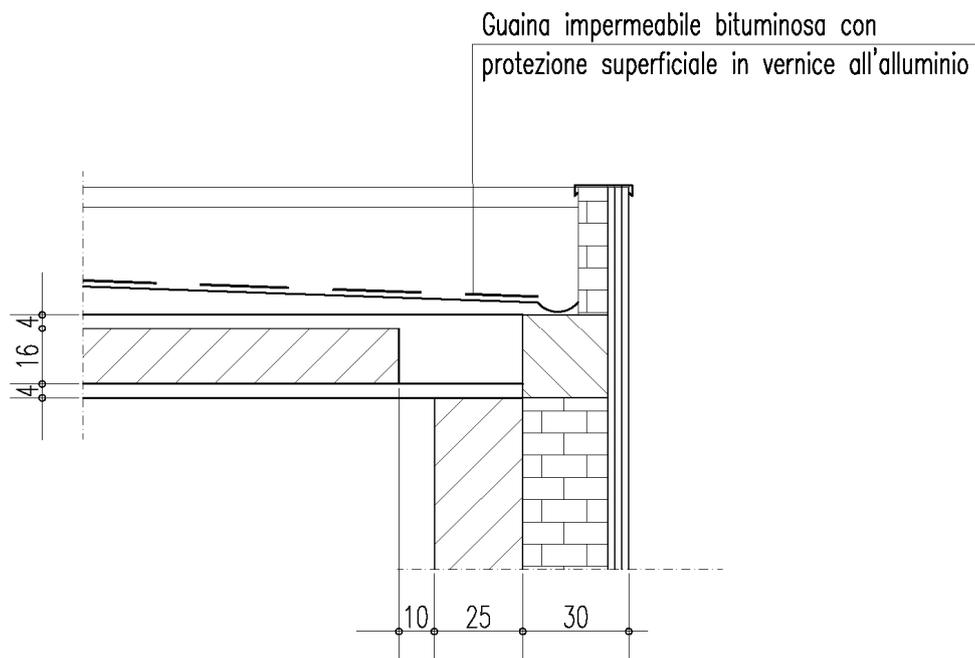
Si riporta di seguito un'immagine che mostra la pianta della copertura con la disposizione dei pannelli di polistirolo e le nervature del solaio.



PIANTA COPERTURA

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p align="center">QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</p>		<p><i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc</p>	<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						

Si riporta inoltre un dettaglio che mostra lo schema costruttivo del solaio.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 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 (Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29).*

- **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).*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7 MATERIALI

### 7.1 MATERIALI UTILIZZATI

I materiali utilizzati per le strutture sono di seguito elencati.

Conglomerato cementizio per fondazioni:

- *Calcestruzzo C28/35 N/mm<sup>2</sup>*
- *Classe di esposizione XC2*
- *Classe di consistenza S4*
- *Diametro massimo inerte 32 mm*
- *Copriferro minimo 4 cm*

Conglomerato cementizio per strutture in elevazione:

- *Calcestruzzo C35/45 N/mm<sup>2</sup>*
- *Classe di esposizione XC1*
- *Classe di consistenza S4*
- *Diametro massimo inerte 32 mm*
- *Copriferro minimo 3 cm*

*Acciaio nervato per barre e reti di armatura B450C*

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%; 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						

## 7.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE

### Calcestruzzo

Considerando il calcestruzzo di classe C28/35 si ottengono le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICA	VALORE
$f_{ck}$ [MPa]	28.0
$f_{cd}$ [MPa]	15.9
$f_{ctd}$ [MPa]	1.30
$E_c$ [MPa]	32308
$\nu$	0.2
$\alpha$ [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]	$10 \cdot 10^{-6}$

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
$\nu$	=	coefficiente di Poisson
$\alpha$	=	coefficiente di dilatazione termica

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$\nu$  0.2  
 $\alpha$  [°C<sup>-1</sup>] 10\*10<sup>-6</sup>

### 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
$A_{gtk}$ [%]	7.5
$E_s$ [MPa]	210000

dove:

$f_{yk}$  = tensione di snervamento  
 $f_t$  = tensione di rottura  
 $A_{gtk}$  = allungamento a rottura  
 $E_s$  = modulo di elasticità

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI $G_1$

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 <sup>3</sup> ]
<b>Calcestruzzi cementizi e malte</b>	
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25.0
<b>Metalli e leghe</b>	
Acciaio	78.5

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

I carichi permanenti degli elementi strutturali sono automaticamente calcolati dal programma di calcolo impiegato, come sarà descritto nel seguito.

Per il solaio di copertura, invece, si considera il seguente carico:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Carichi permanenti strutturali solaio di copertura

Componente	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Predalles cm 4	0.040	1.00
Travetti 20x16 cm	0.064	1.60
Soletta cm 4	0.040	1.00
<hr/> Totale		3.60

Di conseguenza, le travi perpendicolari all'orditura del solaio risultano così caricate:

- Travi di bordo:  $3.60 \cdot (5.95 - 0.20) / 2 = 10.3 \text{ kN/m}$

## 8.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI G<sub>2</sub>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I carichi permanenti non strutturali sono dati da:

- Murature esterne e relative finiture
- Massetto in copertura per pendenza drenaggio acqua

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

Con riferimento alle murature da realizzarsi mediante gasbeton, si prevedono i seguenti carichi:

- Muratura in gasbeton spessore cm 24	0.24*4.5	=	1.08 kN/m <sup>2</sup>
- Intonaco e rivestimento in pietra tot cm 6	0.06*20	=	1.20 kN/m <sup>2</sup>
Totale			2.28 kN/m <sup>2</sup>

Considerando un'altezza delle pareti di 3.05 m, si ottiene un carico per unità di lunghezza sulle travi rovesce di fondazione pari a circa 7 kN/m.

Con riferimento al massetto in copertura per lo scolo delle acque, considerando uno spessore medio di cm 8, si ottiene:

- Massetto cm 8	0.08*22	=	1.8 kN/m <sup>2</sup>
-----------------	---------	---	-----------------------

Di conseguenza, le travi perpendicolari all'orditura del solaio risultano così caricate:

- Travi di bordo:	1.80*7.05/2	=	6.75 kN/m
-------------------	-------------	---	-----------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 8.3 CARICHI ACCIDENTALI

I carichi accidentali da considerare in accordo alla presente normativa risultano:

- Carichi accidentali legati al normale esercizio della struttura
- Carichi da vento
- Carichi da neve

#### 8.3.1 Carichi accidentali legati al normale esercizio della struttura

I carichi accidentali considerati legati al normale esercizio della struttura, sono solo quelli presenti sulla copertura in quanto i carichi applicati sul piano di calpestio gravano direttamente sul terreno e non vengono pertanto considerati nelle verifiche strutturali in esame.

Per coperture non praticabili, o praticabili solo per manutenzione ordinaria, in accordo con la normativa adottata, si assume il valore di  $0.5 \text{ kN/m}^2$ .

Di conseguenza, le travi perpendicolari all'orditura del solaio risultano così caricate:

$$- \text{Travi di bordo: } 0.5 \cdot 7.05/2 = 1.76 \text{ kN/m}$$

#### 8.3.2 Carichi da vento

Nel caso in esame, vista l'elevata sismicità del sito di costruzione, le azioni orizzontali dovute al vento risultano largamente inferiori a quelle sismiche. Pertanto nelle verifiche si farà riferimento alle sole azioni orizzontali sismiche, non essendo prevista contemporaneità fra vento e sisma.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 8.3.3 Carichi da neve

Il valore caratteristico del carico da neve per la Sicilia e la Calabria risulta:

$$q_{sk} = 0.6 \text{ kN/m}^2$$

Si assumono inoltre valori unitari per il coefficiente termico e per il coefficiente di esposizione. Poiché la copertura presenta falde con inclinazione minore ai 30°, si assume coefficiente di forma pari a 0.8.

Ne risulta in definitiva:

$$q_s = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

Di conseguenza, le travi perpendicolari all'orditura del solaio risultano così caricate:

- Travi di bordo:  $0.48 \cdot 7.05 / 2 = 1.69 \text{ kN/m}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8.4 AZIONE SISMICA

Il calcolo delle cabine elettriche viene condotto con riferimento all'azione sismica relativa alla località di Messina, che è il comune più prossimo al sito dove verrà edificata la cabina. 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 IV, da cui si ricava il coefficiente d'uso  $C_U = 2$ .

Quindi il periodo di riferimento per la costruzione è 100 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	60	0.090	2.310	0.303
SLD	101	0.118	2.318	0.319
SLV	949	0.333	2.445	0.383
SLC	1950	0.441	2.480	0.419

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

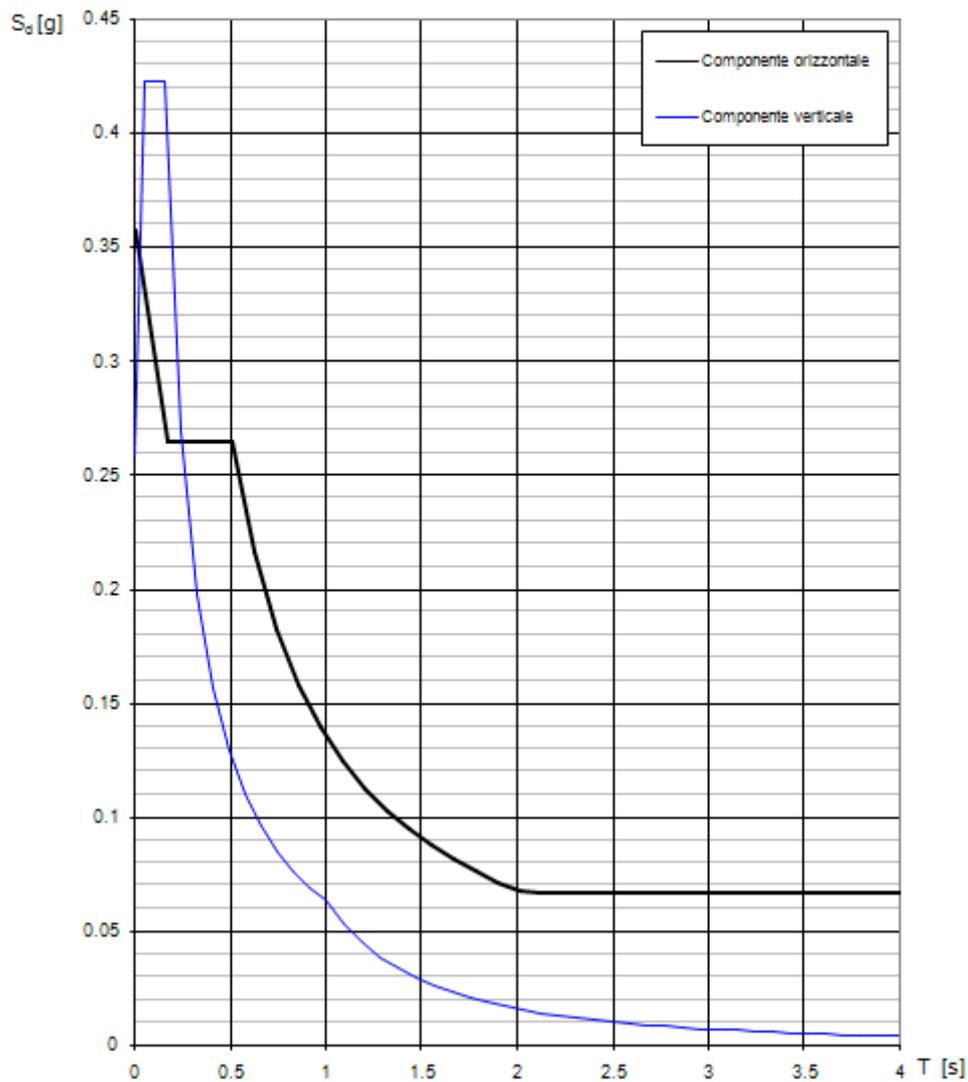
Per le verifiche allo stato limite ultimo si considera uno spettro di progetto individuato a partire da quello elastico associato alla probabilità di superamento del 10 % nel periodo di riferimento relativo, opportunamente ridotto mediante il fattore di struttura  $q$ , definito nel capitolo 7 del D.M. 14.01.2008.

Il fattore di struttura per strutture in c.a. a telaio ad un piano può essere assunto, per elementi in classe di duttilità B, pari a  $q = 3.3$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_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						

Si riporta di seguito l'andamento dello spettro di progetto allo stato limite ultimo.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limi SLV**



**Spettro di progetto allo SLV**

I parametri relativi sono indicati nella tabella seguente:

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.332 g
$F_0$	2.451
$T_c^*$	0.386 s
$S_s$	1.074
$C_c$	1.330
$S_T$	1.000
$q$	3.300

**Parametri dipendenti**

$S$	1.074
$\eta$	0.303
$T_B$	0.171 s
$T_C$	0.514 s
$T_D$	2.929 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_r \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_c(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.357
$T_B$ ←	0.171	0.265
$T_C$ ←	0.514	0.265
	0.629	0.217
	0.744	0.183
	0.859	0.159
	0.974	0.140
	1.089	0.125
	1.204	0.113
	1.319	0.103
	1.434	0.095
	1.549	0.088
	1.664	0.082
	1.779	0.077
	1.894	0.072
	2.009	0.068
	2.124	0.066
	2.239	0.066
	2.354	0.066
	2.469	0.066
	2.584	0.066
	2.699	0.066
	2.814	0.066
$T_D$ ←	2.929	0.066
	2.980	0.066
	3.031	0.066
	3.082	0.066
	3.133	0.066
	3.184	0.066
	3.235	0.066
	3.286	0.066
	3.337	0.066
	3.388	0.066
	3.439	0.066
	3.490	0.066
	3.541	0.066
	3.592	0.066
	3.643	0.066
	3.694	0.066
	3.745	0.066
	3.796	0.066
	3.847	0.066
	3.898	0.066
	3.949	0.066
	4.000	0.066

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8.5 ANALISI DELLE MASSE

Nel rispetto della normativa adottata, gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

Nel caso in esame, si assumono i seguenti valori di  $\psi_{2j}$  per le azioni variabili:

- $\psi_{2j} = 0.0$       Categoria H – Coperture
- $\psi_{2j} = 0.0$       Vento
- $\psi_{2j} = 0.0$       Neve

Si ottengono le seguenti masse associate, rispettivamente, alle pareti in gasbeton e alla copertura.

- Pareti in gasbeton:              228 kg/m<sup>2</sup>                      =      228 kg/m<sup>2</sup>
- Copertura (G<sub>1</sub> + G<sub>2</sub>):              360 kg/m<sup>2</sup> + 180 kg/m<sup>2</sup>              =      540 kg/m<sup>2</sup>

Le masse associate agli altri elementi strutturali sono automaticamente considerate dal programma di calcolo utilizzato, in funzione della reale geometria e delle densità dei materiali.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 9 COMBINAZIONI DI CARICO

### 9.1 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 fondamentali

$$CC\ 1 \quad 1.3 \cdot G_1 + 1.3 \cdot G_2 + 1.5 \cdot Q_1 + 1.5 \cdot 0.5 \cdot Q_{snow}$$

$$CC\ 2 \quad 1.3 \cdot G_1 + 1.3 \cdot G_2 + 1.5 \cdot 0.7 \cdot Q_1 + 1.5 \cdot Q_{snow}$$

- Combinazioni sismiche

$$CC\ 3 \quad E_x + 0.3 \cdot E_y + 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2$$

$$CC\ 4 \quad 0.3 \cdot E_x + E_y + 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2$$

Si riporta di seguito una tabella che riassume le condizioni di carico considerate per la struttura in esame.

CC	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>snow</sub>	E <sub>SLV x</sub>	E <sub>SLV y</sub>
1	1.30	1.30	1.50	0.75	-	-
2	1.30	1.30	1.05	1.50	-	-
3	1.00	1.00	0.00	-	1.00	0.30
4	1.00	1.00	0.00	-	0.30	1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 10 MODELLAZIONE STRUTTURALE

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

### 10.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

Si descrivono di seguito alcune scelte adottate nella schematizzazione della struttura.

Con riferimento all'interazione suolo struttura, in prima analisi si è scelto di adottare una schematizzazione del terreno secondo il modello di Winkler, assumendo una costante di sottofondo tipica per i terreni presenti in situ pari a  $4.8 \text{ kgf/cm}^3$ .

Le travi di fondazione, i pilastri e le travi di copertura rispecchiano la reale geometria della struttura.

Il solaio di copertura, essendo costituito da una soletta in c.a. di spessore pari a 4 cm, può essere assunto, in accordo alla normativa adottata, rigido nel suo piano.

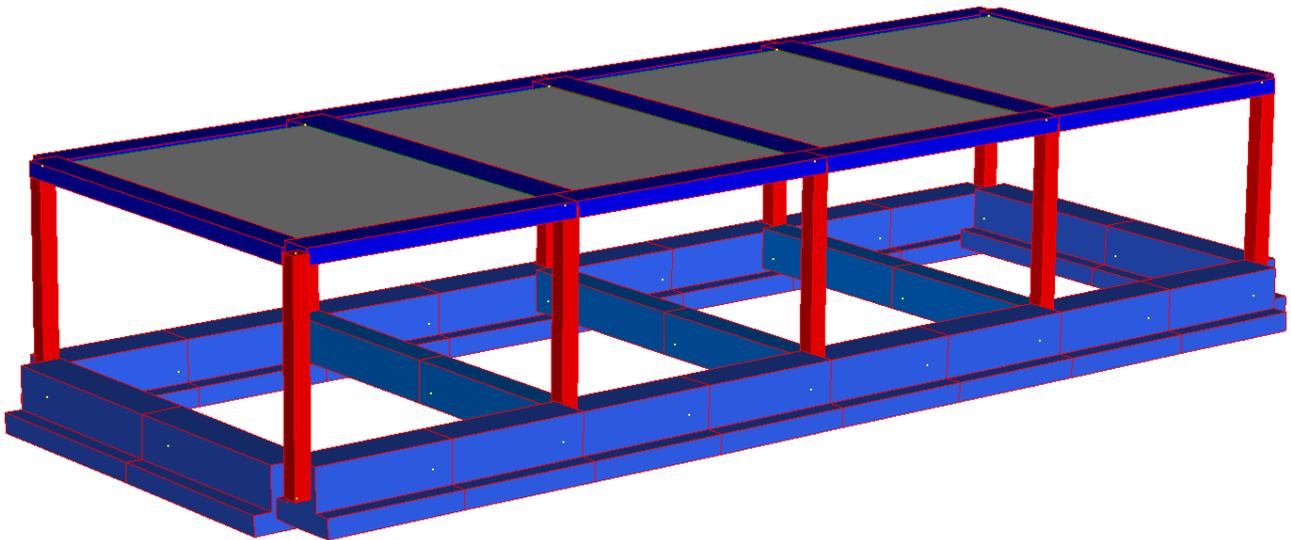
Si sottolinea inoltre che nel modello strutturale si è tenuto in conto dell'eccentricità del peso del tamponamento esterno e delle azioni del pilastro eccentriche rispetto all'asse della fondazione.

Con riferimento all'analisi sismica, è stata svolta un'analisi modale lineare con spettro di risposta, in accordo alla normativa adottata.

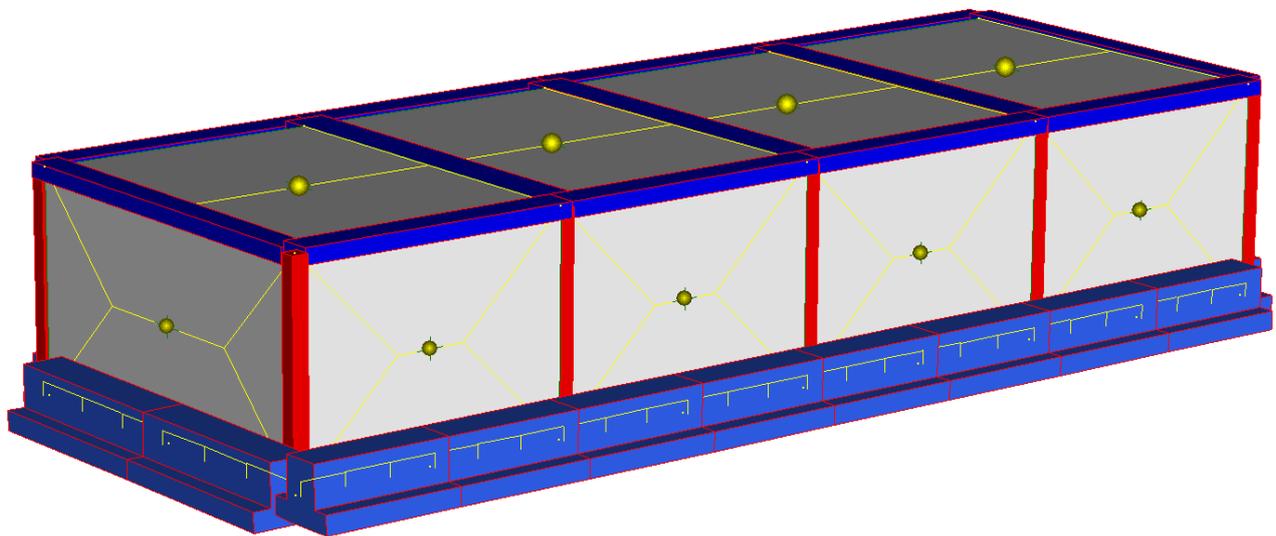
### 10.2 MODELLO DI CALCOLO

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_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						



**Schema strutturale – vista solid**



**Schema strutturale – vista completa**

Si noti che, in corrispondenza dei solai, sono stati inseriti diaframmi rigidi nel piano.

Come già accennato, le masse degli elementi strutturali sono automaticamente calcolate dal programma. Nell'immagine sopra riportata si possono invece notare le masse dei solai e quelle dei muri perimetrali, inserite in accordo a quanto visto ai paragrafi precedenti.

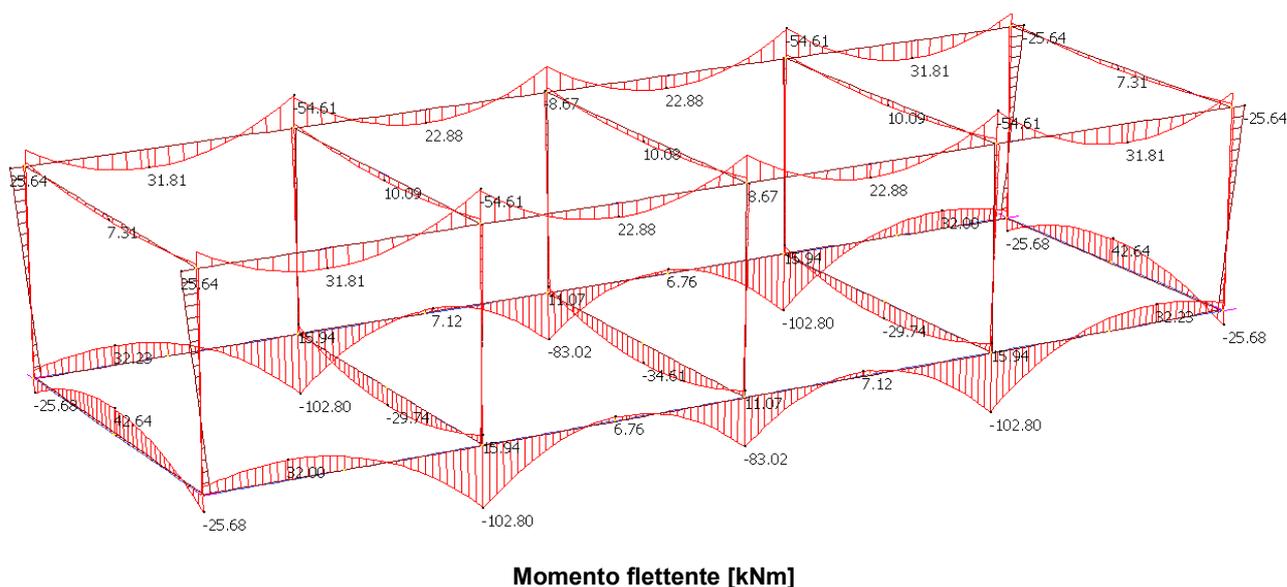
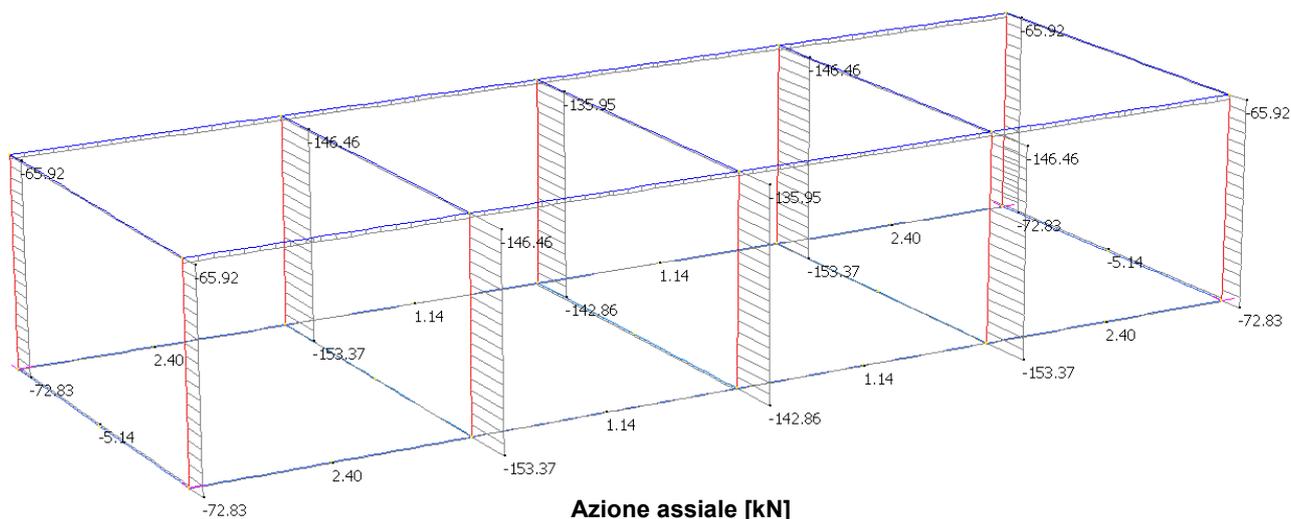
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 11 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 9.

- CC 1

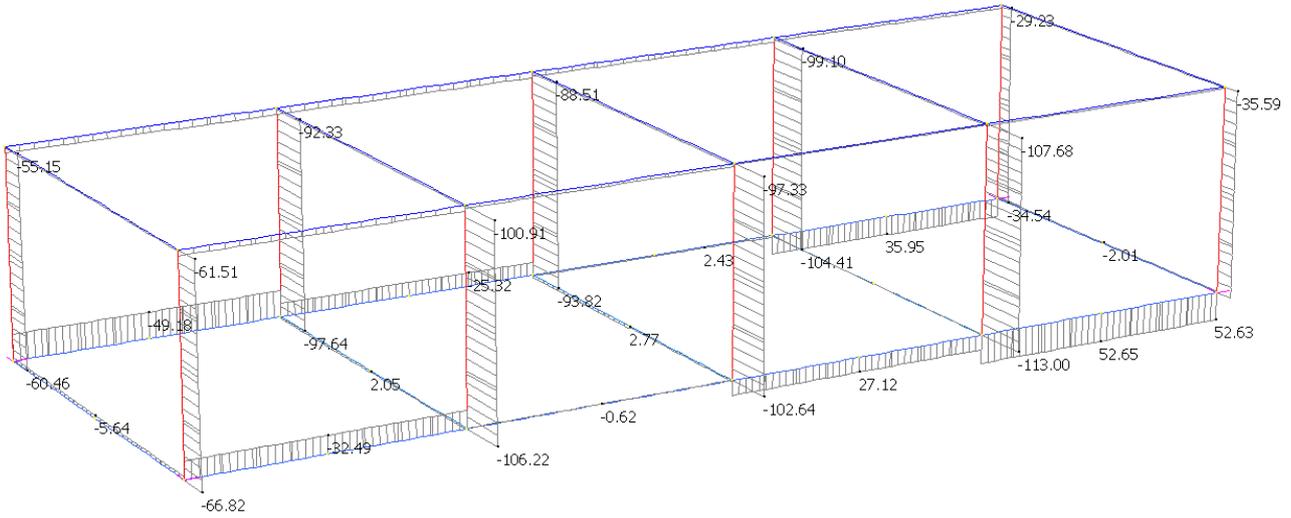




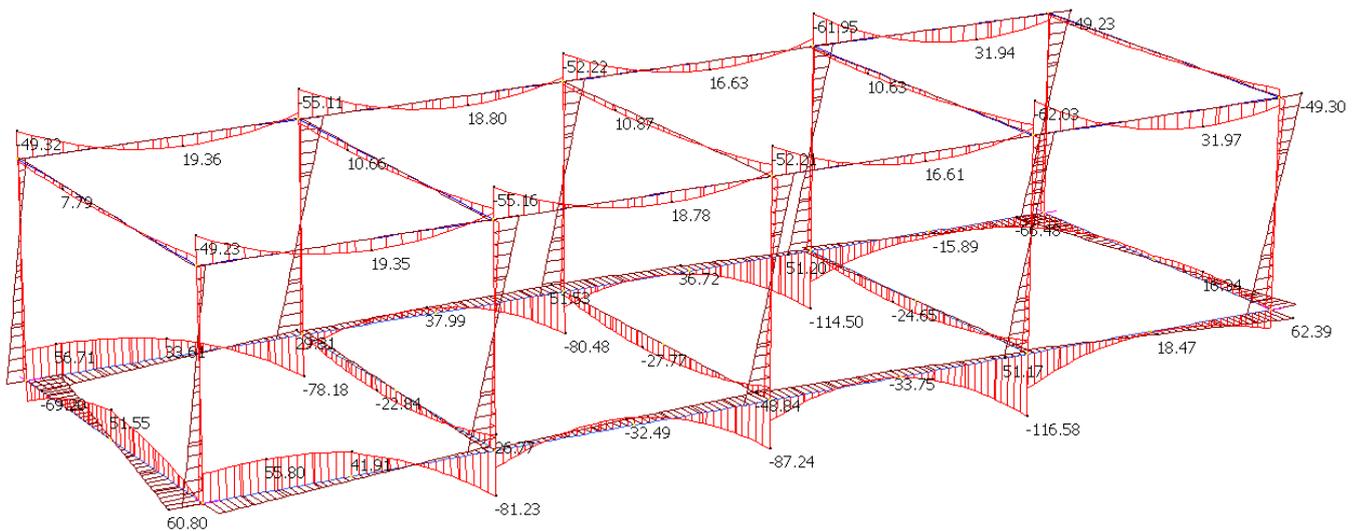


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: 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						

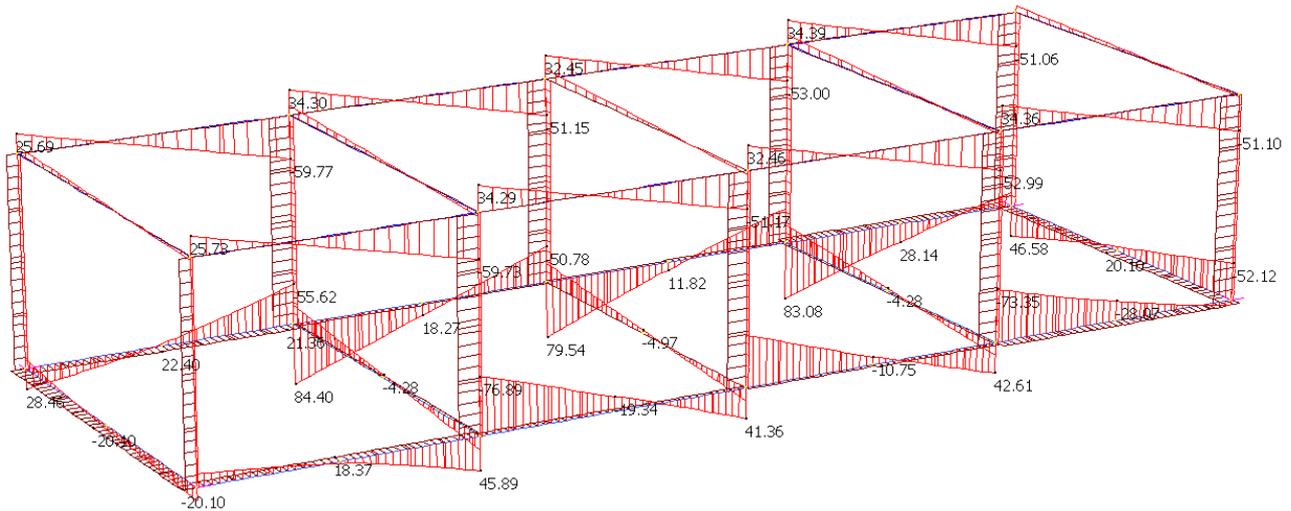
- CC 3



**Azione assiale [kN]**

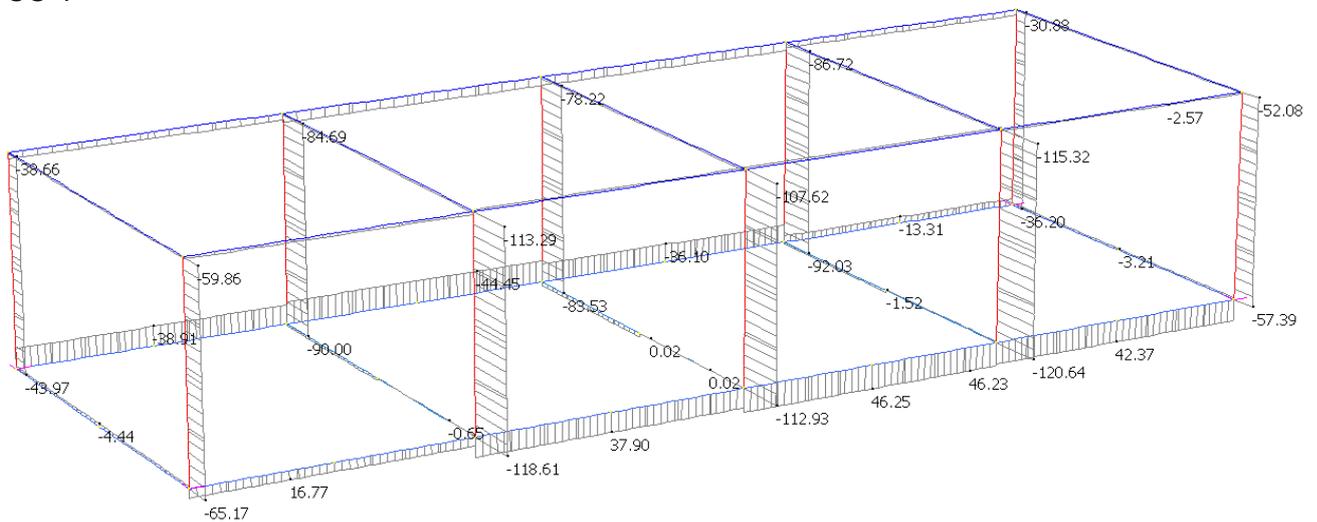


**Momento flettente [kNm]**



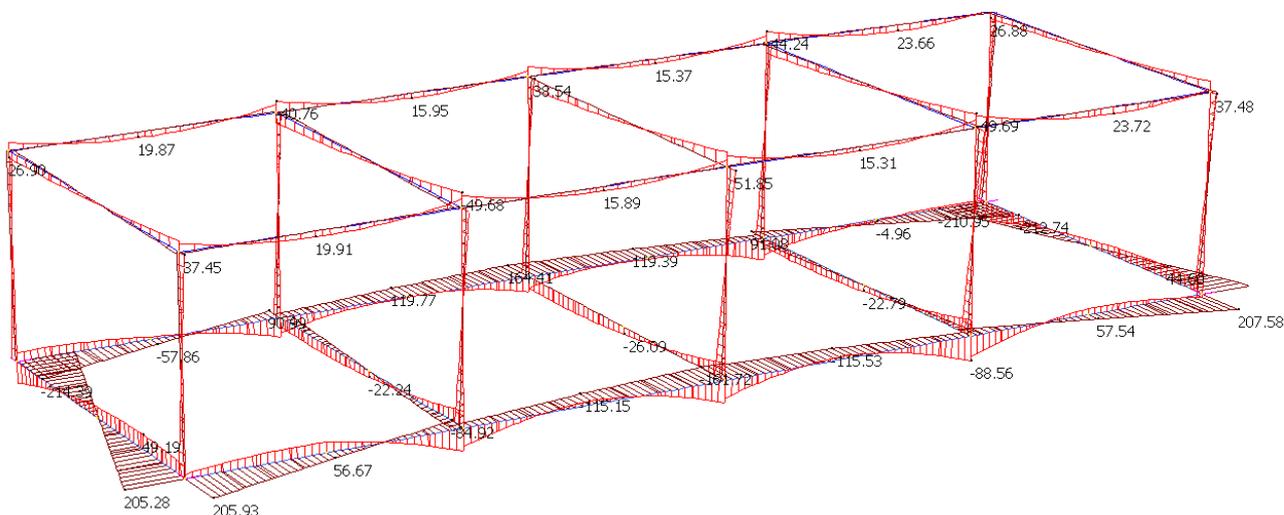
**Taglio [kN]**

- CC 4

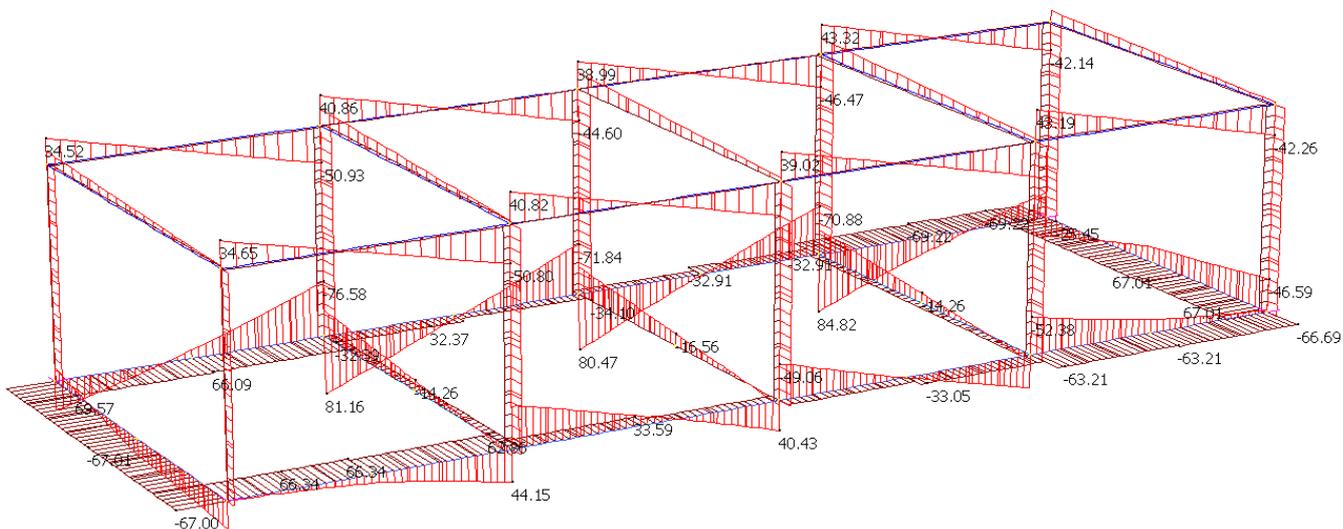


**Azione assiale [kN]**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						



**Momento flettente [kNm]**

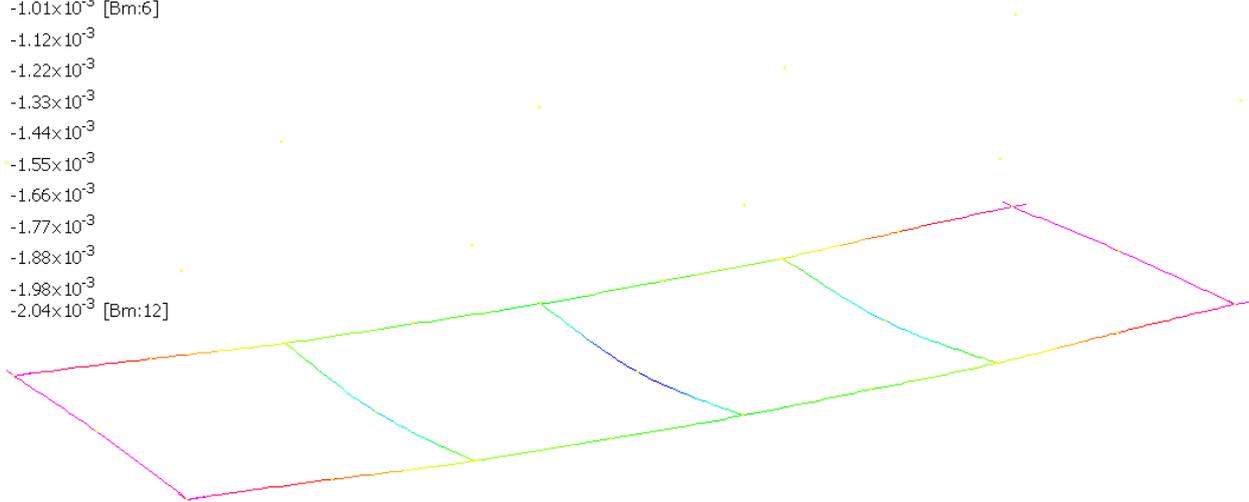
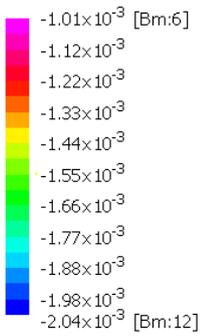


**Taglio [kN]**

I massimi spostamenti verticali delle fondazioni si ottengono per la combinazione di carico CC 2 e sono di seguito riportati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0283_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						

Beam Disp:DZ (m)



Si osserva un valore massimo nelle travi rovesce di fondazione pari a 2 mm. Ad esso è associata una pressione di contatto massima sul terreno pari a:

$$p_{\max} = 9.8 \text{ N/cm}^2 = 98 \text{ kN/m}^2$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### 12.1 CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

La verifica viene effettuata nei confronti dello stato limite di collasso dell'insieme terreno fondazione.

La capacità portante del terreno viene valutata con il metodo di Hansen secondo la seguente formulazione:

$$q_{ult} = q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Trattandosi di un'opera di fondazione, le verifiche vengono condotte con riferimento alle prescrizioni di cui al capitolo 6 del D.M. 14.01.2008.

In particolare si adotta l'approccio 2 per cui è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche.

- Approccio 2:                    A1 + M1 + R3

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno sono ricavati dalla tabella 6.2.II della normativa di riferimento, e assumono valore unitario (coefficienti M1).

Nelle verifiche si assumono i seguenti parametri geotecnici:

Peso specifico:	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
Coesione:	$c = 0 \text{ MPa}$
Angolo d'attrito:	$\phi = 35^\circ$

La capacità portante ultima risulta pertanto:

$$q_{ult} = 78 \text{ N/cm}^2 = 780 \text{ kN/m}^2$$

La capacità portante di calcolo si ottiene dividendo la capacità portante ultima per il coefficiente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

riduttivo della resistenza ( $\gamma_{R3} = 2.3$ ):

$$q_{ult,k} = 34 \text{ N/cm}^2 = 340 \text{ kN/m}^2$$

Come riportato precedentemente, la massima pressione sul terreno risulta pari a:

$$p_{max} = 9.8 \text{ N/cm}^2 = 98 \text{ kN/m}^2$$

La verifica della capacità portante risulta pertanto soddisfatta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12.2 VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE

Si riportano di seguito le verifiche dei principali elementi strutturali sulla base dei risultati riportati al capitolo 11.

### Travi di fondazione

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

$$M_{\max} = +116.6 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = - 56.7 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = 93.1 \text{ kN}$$

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

#### Armature longitudinali

Lembo inferiore: 5Φ16

Attacco ala-anima: 5Φ16

Lembo superiore: 3Φ16

#### Staffe

Staffe: Φ10/20

Titolo : **Trave rovescia di fondazione**

N° figure elementari  Zoom

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	65	65
2	120	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	90
2	10.05	70
3	6.03	5

Sollecitazioni

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN

M<sub>xEd</sub>  kNm

M<sub>yEd</sub>  kNm

Materiali

**B450C** **C35/45**

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰

$f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰

$E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²

$E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?

$\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²

$\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²

$\tau_{c1}$   N/mm²

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²

$\sigma_s$   N/mm²

$\epsilon_c$   ‰

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  x/d

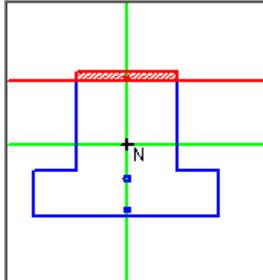
$\delta$

Tipo Sezione

Rettan.re  Trapezi

a T  Circolare

Rettangoli  Coord.



Metodo di calcolo

S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd  Dominio M-N

o  cm Col. modello

Precompresso

Titolo : **Trave rovescia di fondazione**

N° figure elementari  Zoom

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	65	65
2	120	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	90
2	10.05	70
3	6.03	5

Sollecitazioni

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN

M<sub>xEd</sub>  kNm

M<sub>yEd</sub>  kNm

Materiali

**B450C** **C35/45**

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰

$f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰

$E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²

$E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?

$\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²

$\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²

$\tau_{c1}$   N/mm²

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²

$\sigma_s$   N/mm²

$\epsilon_c$   ‰

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  x/d

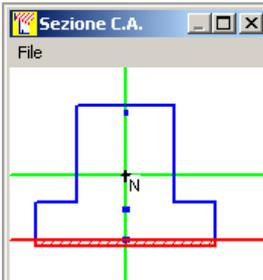
$\delta$

Tipo Sezione

Rettan.re  Trapezi

a T  Circolare

Rettangoli  Coord.



Metodo di calcolo

S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd  Dominio M-N

o  cm Col. modello

Precompresso

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_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						

$VRsd = 0,9 d Asw/s fyd (ctg\alpha + ctg\theta)sin\alpha$	(4.1.18)
$VRcd = 0,9 d bw \alpha c f'cd (ctg\alpha + ctg\theta)/(1+(ctg\alpha)^2)$	(4.1.19)
$VRd = \min(VRsd, VRcd)$	(4.1.20)

<b>nb</b>	2		numero di bracci
<b>Φst</b>	10	mm	
<b>Asw</b>	157	mm <sup>2</sup>	
<b>s</b>	200	mm	passo staffe
<b>fyd</b>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	
<b>α</b>	90		inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
<b>θ</b>	45		inclinazione puntoni cls rispetto asse trave
<b>αc</b>	1.00		

<b>VRsd =</b>	248.81	kN
<b>VRcd =</b>	2785.84	kN

<b>VRd =</b>	248.81	kN	<b>verifica soddisfatta</b>
<b>Vsd =</b>	93.1	kN	

Come si può osservare, le verifiche risultano soddisfatte.

## Pilastrri

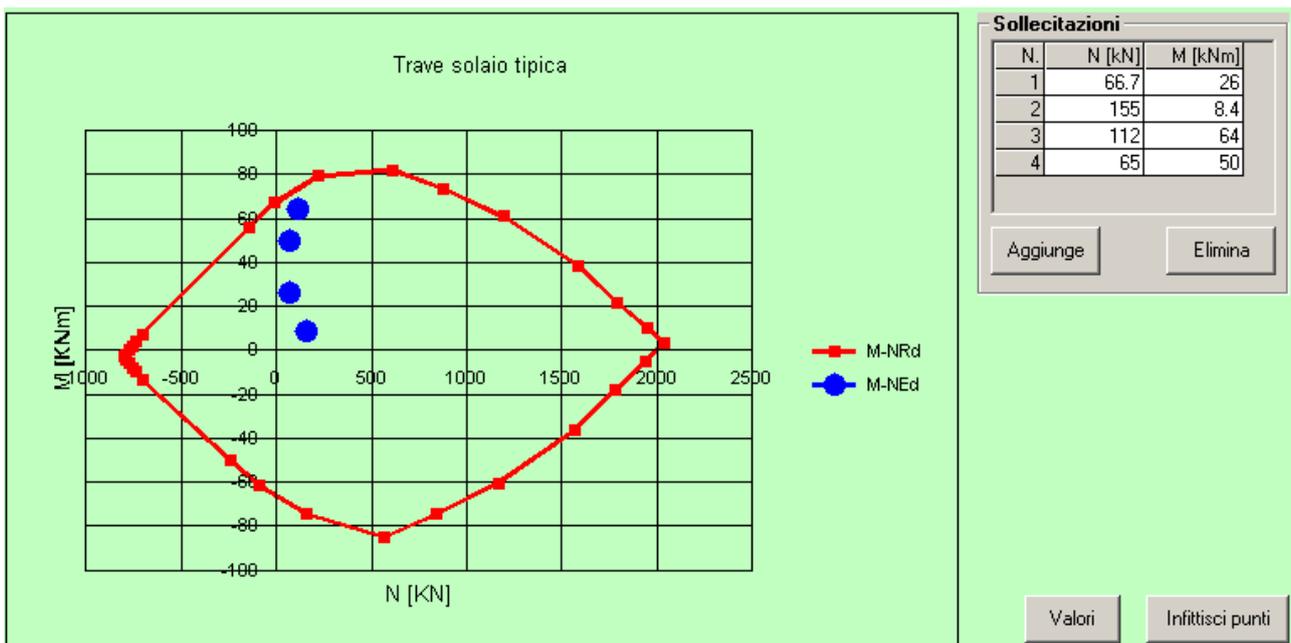
Come si può notare dai diagrammi delle azioni precedentemente riportati, le massime sollecitazioni risultano:

N = 66.7 kN	M = 26.0 kNm
N = 155 kN	M = 8.4 kNm
N = 112 kN	M = 56.0 kNm
N = 65 kN	M = 50.0 kNm

$$T_{\max} = 34.1 \text{ kN}$$

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

Armature longitudinali:	8Φ18
Staffe	Φ8/10



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<table border="1"> <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						

<i>elementi CON armature trasversali resistenti al taglio</i>	
<b><math>VRsd = 0,9 d Asw/s fyd (ctg\alpha + ctg\theta) \sin\alpha</math></b>	<b>(4.1.18)</b>
<b><math>VRcd = 0,9 d bw \alpha c f'cd (ctg\alpha + ctg\theta)/(1+(ctg\alpha)^2)</math></b>	<b>(4.1.19)</b>
<b><math>VRd = \min(VRsd, VRcd)</math></b>	<b>(4.1.20)</b>

<b>nb</b>	2		numero di bracci
<b><math>\Phi_{st}</math></b>	8	mm	
<b>Asw</b>	100	mm <sup>2</sup>	
<b>s</b>	100	mm	passo staffe
<b>fyd</b>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	
<b><math>\alpha</math></b>	90		inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
<b><math>\theta</math></b>	45		inclinazione puntoni cls rispetto asse trave
<b><math>\alpha c</math></b>	1.00		

<b>VRsd =</b>	<b>70.77</b>	kN
<b>VRcd =</b>	<b>238.11</b>	kN

<b>VRd =</b>	<b>70.77</b>	kN	<b>verifica soddisfatta</b>
<b>Vsd =</b>	<b>34.1</b>	kN	

### Travi di solaio

Si considera di seguito la trave tipica perpendicolare all'orditura del solaio e avente luce pari a 4.5 m, di dimensioni 35 x 24 cm.

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

$$M_{max} = +38 \text{ kNm}$$

$$M_{min} = -61 \text{ kNm}$$

$$T_{max} = 70.7 \text{ kN}$$

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

Armature longitudinali inferiori: 5 $\Phi$ 16

Armature longitudinali superiori: 5 $\Phi$ 16

Staffe:  $\Phi$ 10/20

**Titolo :** Trave solaio tipica

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	35	24

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	4
2	10.05	20

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
M<sub>xEd</sub>   kNm  
M<sub>yEd</sub>

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C35/45  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 68.32 kN m  
σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 10.98 ‰  
d 20 cm  
x 4.835 x/d 0.2417  
δ 0.7422

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

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

**Titolo :** Trave solaio tipica

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	35	24

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	4
2	10.05	20

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
M<sub>xEd</sub>   kNm  
M<sub>yEd</sub>

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C35/45  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> -68.32 kN m  
σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 10.98 ‰  
d 20 cm  
x 4.835 x/d 0.2417  
δ 0.7422

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

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
QMT-G E QMT-SS – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0283_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<i>elementi CON armature trasversali resistenti al taglio</i>	
$VRsd = 0,9 d Asw/s fyd (ctg\alpha + ctg\theta) \sin\alpha$	(4.1.18)
$VRcd = 0,9 d bw \alpha c f'cd (ctg\alpha + ctg\theta)/(1+(ctg\alpha)^2)$	(4.1.19)
$VRd = \min(VRsd, VRcd)$	(4.1.20)

<b>nb</b>	2		numero di bracci
<b><math>\Phi_{st}</math></b>	10	mm	
<b>Asw</b>	157	mm <sup>2</sup>	
<b>s</b>	20	mm	passo staffe
<b>fyd</b>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	
<b><math>\alpha</math></b>	90		inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
<b><math>\theta</math></b>	45		inclinazione puntoni cls rispetto asse trave
<b><math>\alpha c</math></b>	1.00		

<b>VRsd =</b>	<b>552.91</b>	kN
<b>VRcd =</b>	<b>476.21</b>	kN

<b>VRd =</b>	<b>476.21</b>	kN	<b>verifica soddisfatta</b>
<b>Vsd =</b>	<b>70.70</b>	kN	

Come si può osservare, le verifiche risultano soddisfatte.