



PROPONENTE:

**COMUNE DI MONSELICE**

Piazza San Marco, 1 - 35043 Monselice (PD)

Tel. 0429/786911 Fax 0429/73092

PEC: monselice.pd@cert.ip-veneto.net

**NUOVO CASELLO**  
**MONSELICE -POZZONOVO (MONSELICE SUD)**  
**E VIABILITA' AFFERENTI MONSELICE (PD)**  
**Verifica di assoggettabilità a V.I.A. (art. 19 D.Lgs. 152/2006)**

Coordinamento progettazione  
e valutazioni ambientali

**ING. SANDRO BENATO**  
**ARCH. NICOLA VISENTINI**



NET PROJECT S.R.L. - Piazza Modin 12 - 35129 Padova - Tel. 049 8935081 - Fax 049 8935137

Consulente: Progettazione Viaria

**PROF. PASETTO ING. MARCO**

Via Curtatone e Montanara 3- 35141 Padova - Tel./Fax 049 871135

Consulente: Progettazione strutture in C.A.

**PROF. PIZZOCCHERO ING. TIZIANO**

Via Leonardo da Vinci 32- 35010 Cadoneghe (PD) - Tel. 049 706480

Consulente: Progettazione strutture in acciaio

**SPOLADORE ING. LUCA**

Via G. Mazzini 4 - 35010 Vigonza (PD) - Tel. 349 4663410

Consulente: Progettazione geotecnica

**PROF. MAZZUCATO ING. ALBERTO**

Via Santa Rosa 52 - 35100 Padova - Tel. 049 8910298

**RELAZIONE PREDIMENSIONAMENTO**  
**STRUTTURALE IMPALCATO**

CODICE ELABORATO

FILE NAME

DATA EMISSIONE

VERSIONE

**ELAB11**

ELAB11.PDF

01.08.2018

REV. 0

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **1**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

COMMITTENTE	ASPIAG SERVICE SRL
PROGETTO	AUTOSTRADA A13. NUOVO SVINCOLO E STAZIONE DI MONSELICE
DESCRIZIONE	CAVALCAVIA DI SVINCOLO IN STRUTTURA MISTA ACCIAIO-CLS
OGGETTO	DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE METALLICHE PRINCIPALI DELL'IMPALCATO

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **2**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## INDICE

<b>1. SIMBOLOGIA</b>	<b>6</b>
<b>1.1. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>6</b>
1.1.1. Calcestruzzo	6
1.1.2. Acciaio	6
<b>1.2. DEFINIZIONE DELL'EFFETTO TERMICO</b>	<b>6</b>
<b>1.3. DEFINIZIONE DEI CARICHI E SOVRACCARICHI</b>	<b>6</b>
1.3.1. Carichi e sovraccarichi secondo DM 14.01.2008	6
1.3.2. Parametri caratteristici dell'azione sismica	7
<b>1.4. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE</b>	<b>8</b>
1.4.1. Unità di misura adottate	8
1.4.2. Sezione in acciaio	8
1.4.3. Sezione mista acciaio calcestruzzo	8
1.4.4. Sezione in calcestruzzo	8
<b>1.5. CARATTERISTICHE GEOMETRICO STATICO INERZIALI</b>	<b>9</b>
1.5.1. Sezione resistente principale	9
1.5.2. Anima trave principale	10
<b>1.6. PARAMETRI DELLA SOLLECITAZIONE</b>	<b>10</b>
<b>1.7. BULLONATURE E PIOLI</b>	<b>11</b>
<b>2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA</b>	<b>12</b>
<b>2.1. ESECUZIONE DEL MANUFATTO</b>	<b>12</b>
<b>2.2. CONSIDERAZIONI DI PROGETTO</b>	<b>13</b>
<b>3. NORMATIVA</b>	<b>13</b>

		<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	
Pagine <b>60</b>	Pagina <b>3</b>		Rev. n° 0 Date 18.05.2018
<b>4.</b>	<b>MATERIALI IMPIEGATI</b>		<b>14</b>
<b>4.1.</b>	<b>ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA</b>		<b>14</b>
<b>4.2.</b>	<b>BULLONI</b>		<b>14</b>
<b>4.3.</b>	<b>SALDATURA</b>		<b>15</b>
<b>4.4.</b>	<b>CALCESTRUZZO PER SOLETTA</b>		<b>15</b>
<b>4.5.</b>	<b>CLASSE DI ESECUZIONE</b>		<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>METODO DI VERIFICA</b>		<b>17</b>
<b>6.</b>	<b>IMPOSTAZIONE GENERALE DELL'ANALISI</b>		<b>18</b>
<b>6.1.</b>	<b>FASE I</b>		<b>18</b>
<b>6.2.</b>	<b>FASE II</b>		<b>18</b>
<b>6.3.</b>	<b>FASE III</b>		<b>18</b>
<b>6.4.</b>	<b>SCHEMA DI VINCOLO</b>		<b>19</b>
<b>6.5.</b>	<b>SOTTOSTRUTTURE</b>		<b>19</b>
<b>7.</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b>		<b>20</b>
<b>7.1.</b>	<b>CARICHI AGENTI IN FASE I</b>		<b>20</b>
<b>7.2.</b>	<b>PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO (G<sub>1</sub>)</b>		<b>20</b>
<b>7.3.</b>	<b>CARICHI AGENTI IN FASE II</b>		<b>20</b>
7.3.1.	Carichi permanenti portati (g <sub>2</sub> )		20
7.3.3.	Ritiro (E <sub>2</sub> )		21

		<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	
Pagine <b>60</b>	Pagina <b>4</b>		Rev. n° 0 Date 18.05.2018
7.3.4.	Viscosità		21
<b>7.4.</b>	<b>CARICHI AGENTI IN FASE III</b>		<b>22</b>
<b>7.5.</b>	<b>VARIAZIONI TERMICHE</b>		<b>22</b>
7.5.1.	Differenziale (E3- REL)		22
7.5.2.	Uniforme (E3-TOT)		22
<b>7.6.</b>	<b>CARICHI ACCIDENTALI</b>		<b>22</b>
7.6.1.	Carichi mobili ( $q_{1a} - q_{1b}$ )		22
<b>7.7.</b>	<b>AZIONI LONGITUDINALI DI FRENAMENTO (Q<sub>3</sub>)</b>		<b>23</b>
<b>7.8.</b>	<b>AZIONE DEL VENTO (Q<sub>5</sub>)</b>		<b>24</b>
<b>7.9.</b>	<b>AZIONE SISMICA (Q<sub>6</sub>)</b>		<b>26</b>
<b>8.</b>	<b>DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI</b>		<b>28</b>
<b>8.1.</b>	<b>PDS PESO STRUTTURE ACCIAIO G1A</b>		<b>28</b>
<b>8.2.</b>	<b>PDS GETTO DELLA SOLETTA G1C</b>		<b>28</b>
<b>8.3.</b>	<b>PDS CARICHI PERMANENTI G2</b>		<b>29</b>
<b>8.4.</b>	<b>PDS RITIRO E2</b>		<b>29</b>
<b>8.5.</b>	<b>PDS VARIAZIONE TERMICA RELATIVA E3REL</b>		<b>30</b>
<b>8.6.</b>	<b>PDS CARICHI MOBILE CONFIGURAZIONE Q1-1</b>		<b>30</b>
<b>8.7.</b>	<b>PDS CARICHI MOBILE CONFIGURAZIONE Q1-2</b>		<b>31</b>
<b>8.8.</b>	<b>PDS CARICHI MOBILE CONFIGURAZIONE Q1-3</b>		<b>31</b>

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **5**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

<b>9. CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO</b>	<b>32</b>
<b>9.1. CONDIZIONI DI CARICO</b>	<b>32</b>
<b>9.2. COMBINAZIONI DI CARICO</b>	<b>32</b>
<b>10. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE</b>	<b>33</b>
<b>10.1. COORDINATE E VINCOLI DEI NODI NEL MODELLO DI CALCOLO</b>	<b>33</b>
<b>10.2. NUMERAZIONE E SEZIONI DEGLI ELEMENTI FRAME</b>	<b>36</b>
<b>10.3. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E STATICO – INERZIALI DELLA SEZIONE</b>	<b>40</b>
10.3.1. Larghezze Efficaci	45
<b>11. RIASSUNTO DELLE PRINCIPALI VERIFICHE</b>	<b>46</b>
<b>11.1. ANALISI DELLO STATO TENSIONALE NELLA SEZIONE DELL'IMPALCATO</b>	<b>46</b>
<b>12. VERIFICHE AD INSTABILITÀ LOCALE PER IMBOZZAMENTO LATERALE DEI PANNELLI D'ANIMA DELLE TRAVI PRINCIPALI</b>	<b>50</b>
<b>13. REAZIONI VINCOLARI</b>	<b>52</b>

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **6**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## 1. SIMBOLOGIA

### 1.1. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 1.1.1. CALCESTRUZZO

$t_0$	l'età del conglomerato a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro	[giorni]
$A_c$	l'area della sezione del conglomerato	[cm <sup>2</sup> ]
$u$	il perimetro della sezione di conglomerato a contatto con l'atmosfera	[cm]
$\varepsilon_{r,\infty}$	contrazione finale del conglomerato dovuta al ritiro	
$\varepsilon_r$	valore di calcolo per la contrazione del conglomerato dovuta al ritiro	
$E_c$	modulo elastico del calcestruzzo per carichi di breve durata	[N/mm <sup>2</sup> ]
$E_c^*$	modulo elastico del calcestruzzo per carichi di lunga durata	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\Phi_\infty$	coefficiente finale di viscosità	
$n_0$	coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo per carichi di breve durata	
$f_{ck}$	resistenza caratteristica del calcestruzzo	[N/mm <sup>2</sup> ]

#### 1.1.2. ACCIAIO

$E_s$	modulo elastico dell'acciaio	[N/mm <sup>2</sup> ]
-------	------------------------------	----------------------

### 1.2. DEFINIZIONE DELL'EFFETTO TERMICO

$\varepsilon_{\Delta T}$	variazione di lunghezza unitaria per effetto di una variazione termica	
$\Delta T$	variazione termica	[°C]
$\alpha$	coefficiente di dilatazione termica	[1/°C]

### 1.3. DEFINIZIONE DEI CARICHI E SOVRACCARICHI

#### 1.3.1. CARICHI E SOVRACCARICHI SECONDO DM 14.01.2008

$g_1$	peso proprio delle strutture	
$g_2$	carichi permanenti portati (pavimentazione stradale, marciapiedi, securvia, parapetti)	
$\varepsilon_2$	ritiro del calcestruzzo	
$\varepsilon_3$	effetto delle variazioni termiche	
$\varepsilon_4$	scorrimenti viscosi	

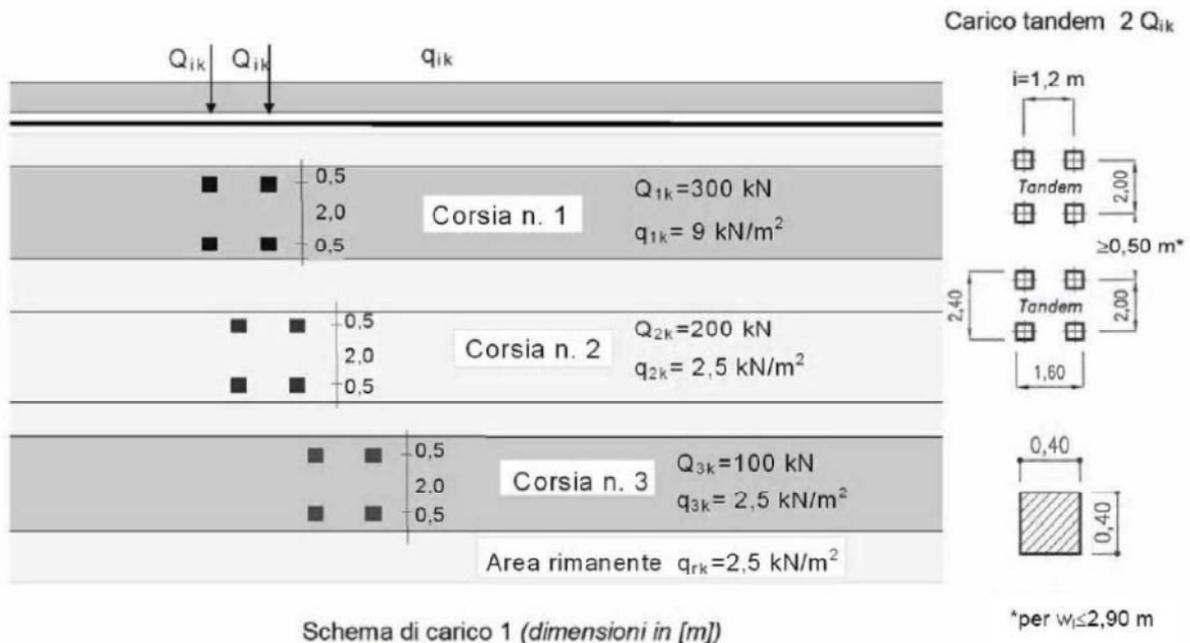
# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **7**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

$Q_{ik}$  carico tandem a due assi aventi le caratteristiche indicate nello schema allegato



$q_{ik}$  carico ripartito, ai fini del calcolo delle strutture principali, lungo l'asse di una corsia d'ingombro

- $q_3$  azioni longitudinali di frenamento
- $q_5$  azione del vento
- $q_6$  azioni sismiche

### 1.3.2. PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AZIONE SISMICA

Massa =  $(g_1 + g_2) \times 100 / g$  [kg]

$a_g$  accelerazione orizzontale massima sul suolo

$g$  accelerazione di gravita = 9.80665 [m/s<sup>2</sup>]

$T$  periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice [s]

$V_N$  vita nominale dell'opera 50 anni [anni]

$C$  classe d'uso della struttura pari alla IV

$C_u$  coefficiente d'uso della struttura pari a 2.0

$q$  fattore globale di riduzione dell'azione

A, B, C, D, E, Categorie del suolo di fondazione

T1, T2, T3, T4 Categoria topografica

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **8**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## 1.4. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

### 1.4.1. UNITÀ DI MISURA ADOTTATE

Lunghezze	metri	[m]
Massa	chilogrammi massa	[kg]
Forze	Newton	[N]
Tempo	secondi	[s]
Frequenza	Hertz	[Hz]

### 1.4.2. SEZIONE IN ACCIAIO

$b_{p.sup.}$	larghezza piattabanda superiore della trave in acciaio	[mm]
$s_{p.sup.}$	spessore piattabanda superiore della trave in acciaio	[mm]
$b_{p.irr.sup.}$	larghezza del piatto di raddoppio per la piattabanda superiore della trave in acciaio	[mm]
$s_{p.irr.}$	spessore del piatto di raddoppio per la piattabanda superiore della trave in acciaio	[mm]
$h_a$	altezza dell'anima	[mm]
$s_a$	spessore dell'anima	[mm]
$b_{p.irr.inf}$	larghezza del piatto di raddoppio per la piattabanda inferiore della trave in acciaio	[mm]
$s_{p.irr.inf}$	spessore del piatto di raddoppio per la piattabanda inferiore della trave in acciaio	[mm]
$b_{p.inf.}$	larghezza piattabanda inferiore della trave in acciaio	[mm]
$s_{p.inf.}$	spessore piattabanda inferiore della trave in acciaio	[mm]
$b_{assi\ travi}$	interasse delle travi	[mm]

### 1.4.3. SEZIONE MISTA ACCIAIO CALCESTRUZZO

$y_{G,m}$	baricentro della sezione mista rispetto al lembo inferiore della sezione completa	[mm]
A	area totale della sezione	[cm <sup>2</sup> ]

### 1.4.4. SEZIONE IN CALCESTRUZZO

$b_{ef1}$	larghezza efficace della soletta in calcestruzzo sullo sbalzo	[cm]
$b_{ef2}$	larghezza efficace della soletta in calcestruzzo tra le due travi	[cm]
$b_c$	larghezza d'ingombro dei connettori sulla piattabanda superiore	[cm]
$y_{G,c}$	baricentro della sezione di calcestruzzo rispetto al lembo inferiore della sezione completa	[mm]
$B_{collab.}$	larghezza collaborante della soletta in calcestruzzo	[cm]
$s_{dall.}$	spessore delle predalles	[cm]
$s_{getto}$	spessore del getto di calcestruzzo eseguito sopra alle predalles	[cm]

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **9**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

$\emptyset$  barre sup. diametro dell'armatura longitudinale posta nella parte superiore del getto di cls [mm]  
p/metro passo al metro delle armature longitudinali [cm]

Cop. spessore del copriferro superiore [cm]

$\emptyset$  barre inf. diametro dell'armatura longitudinale posta nella parte inferiore del getto di cls [mm]

## 1.5. CARATTERISTICHE GEOMETRICO STATICO INERZIALI

### 1.5.1. SEZIONE RESISTENTE PRINCIPALE

$Y_g$  coordinata del baricentro valutata dal bordo inferiore della trave in acciaio [mm]

$J_x$  momento d'inerzia della sezione rispetto all'asse X [cm<sup>4</sup>]

$J_y$  momento d'inerzia della sezione rispetto all'asse Y [cm<sup>4</sup>]

$W_{x\ cls\ sup}$  modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza del bordo superiore della sezione di calcestruzzo [cm<sup>3</sup>]

$W_{x\ arm\ sup}$  modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza delle armature superiori [cm<sup>3</sup>]

$W_{x\ arm\ inf}$  modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza delle armature inferiori [cm<sup>3</sup>]

$W_{x\ acc}$  modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza del bordo superiore della sezione di acciaio [cm<sup>3</sup>]

$W_{x\ an\ sup}$  modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza dell'anima al lembo superiore [cm<sup>3</sup>]

$W_{x\ an\ inf}$  modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza dell'anima al lembo inferiore [cm<sup>3</sup>]

$W_{x\ acc\ inf}$  modulo di resistenza rispetto all'asse X valutato in corrispondenza del bordo inferiore della sezione di acciaio [cm<sup>3</sup>]

$W_{y\ cls}$  modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo esterno del calcestruzzo [cm<sup>3</sup>]

$W_{y\ sup}^E$  modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo esterno della piattabanda superiore [cm<sup>3</sup>]

$W_{y\ sup}^I$  modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo interno della piattabanda superiore [cm<sup>3</sup>]

$W_{y\ an}$  modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza dell'anima di acciaio [cm<sup>3</sup>]

$W_{y\ inf}^E$  modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo esterno della

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **10**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

piattabanda inferiore	[cm <sup>3</sup> ]
$W_{y\ inf}^I$ modulo di resistenza rispetto all'asse Y valutato in corrispondenza del lembo interno della piattabanda inferiore	[cm <sup>3</sup> ]
$S_{\ sol}$ momento statico valutato sul baricentro della soletta di calcestruzzo	[cm <sup>3</sup> ]
$S_{\ pioli}$ momento statico valutato all'attacco dei pioli sulla piattabanda superiore	[cm <sup>3</sup> ]
$S_{\ an\ sup}$ momento statico valutato all'estremo superiore dell'anima	[cm <sup>3</sup> ]
$S_{\ an\ inf}$ momento statico valutato all'estremo inferiore dell'anima	[cm <sup>3</sup> ]
$S_{x\ max}$ momento statico valutato sul baricentro della sezione	[cm <sup>3</sup> ]
$J_{\ tors}$ momento d'inerzia torsionale della sezione in esame	[cm <sup>4</sup> ]

### 1.5.2. ANIMA TRAVE PRINCIPALE

$I$ momento d'inerzia dell'irrigiditore rispetto alla sezione d'attacco con l'anima	[cm <sup>4</sup> ]
$h_w$ altezza dell'anima fra le piattabande	[mm]
$t_w$ spessore dell'anima	[mm]
$\sigma_1$ tensione normale al lembo compresso della trave	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_2$ tensione normale al lembo teso della trave	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\tau$ tensione tangenziale	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\alpha$ rapporto tra $a$ e $h_w$	
$\Psi$ rapporto tra $\sigma_2$ e $\sigma_1$	
$\delta$ rapporto tra $A_L$ e il prodotto di $h_w$ per $t_w$	
$W$ rapporto tra $\sigma_1$ e $\tau$	
$\sigma_{cr, id}$ tensione critica ideale valutata in funzione della geometria del pannello, del suo stato tensionale e del materiale usato	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{id}$ tensione ideale valutata secondo il metodo di Von Mises	[N/mm <sup>2</sup> ]

### 1.6. PARAMETRI DELLA SOLLECITAZIONE

$N$ sforzo normale	[kN]
$V_{22}$ sforzo taglio in direzione 2	[kN]
$V_{33}$ sforzo taglio in direzione 3	[kN]
$M_{22}$ Momento flettente attorno all'asse 2	[kNm]
$M_{33}$ Momento flettente attorno all'asse 3	[kNm]
$T$ Momento torcente	[kNm]

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **11**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## 1.7. BULLONATURE E PIOLI

s	spessore della piastra	[mm]
$\Phi$	diametro del bullone	[mm]
$n^{\circ}_{sez}$	numero di bulloni	
a	interasse tra i bulloni	[mm]
$\tau_B$	tensione massima del bullone	[N/mm <sup>2</sup> ]
$d_p$	diametro dei pioli	[cm]
$h_p'$	altezza efficace dei pioli	[mm]

## **2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA**

Il cavalcavia di svincolo è realizzato con struttura portante in acciaio e soletta prefabbricata in calcestruzzo; lo schema statico è di trave in semplice appoggio di luce teorica tra gli assi degli appoggi pari a 42 m.

La struttura è costituita da 4 travi principali ad anime verticali, poste ad interasse di 3.50 m; da una soletta collaborante, con la struttura in acciaio, in c.a. della larghezza complessiva (marciapiede +carreggiata + cordoli) di 14.3 m; la connessione tra la soletta e la struttura metallica viene eseguita mediante pioli tipo Nelson. Lo spessore della soletta è di 30 cm nella zona carrabile e di 48 cm in quella pedonabile. Il collegamento tra le travi principali è eseguito superiormente mediante un controvento reticolare, costituito da aste diagonali, atto ad assorbire le azioni di instabilità in fase di montaggio.

Le travi longitudinali sono collegate tra loro mediante diaframmi a parete piena, posti ad un interasse di 4.2 m.

L'altezza di ingombro delle travi è variabile, pari a 2.6 m in appoggio e 1.8 m in mezzeria. Il raccordo tra le due sezioni è eseguito mediante un arco di cerchio avente raggio pari a 250 m.

### **2.1. ESECUZIONE DEL MANUFATTO**

La travata viene prefabbricata in 3 conci di lunghezza massima pari a 14.7 m.

I giunti in opera delle travi principali sono saldati per anima, piattabande inferiori e superiori.

I collegamenti dei controventi e dei diaframmi sono realizzati con bulloni A.R. ad attrito agli SLE e a taglio agli SLU.

L'orografia del sito consente di poter eseguire il montaggio della struttura con sollevamenti mediante autogrù dal basso.

## 2.2. CONSIDERAZIONI DI PROGETTO

La struttura è progettata, in esercizio, come un graticcio di travi.

I diaframmi verticali, disposti con passo di 4200 mm, costituiscono un vincolo in grado di garantire la ripartizione trasversale dei carichi.

Lo schema statico globale, come detto, è di trave in semplice appoggio.

## 3. NORMATIVA

Nell'eseguire il dimensionamento dell'opera di cui alla presente relazione, si è fatto riferimento alla seguente normativa tecnica:

- **Decreto Ministeriale 14/01/2008** (Norme Tecniche per le Costruzioni)
- **Circolare 2 febbraio 2009**, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- **UNI EN 1991-1-4** (Luglio 2005) Azioni sulle strutture  
Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento
- **UNI EN 1993-1-1** (Agosto 2005) Progettazione delle strutture in acciaio  
Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- **UNI EN 1993-1-5** (Gennaio 2007) Progettazione delle strutture in acciaio  
Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- **UNI EN 1993-1-8** (Agosto 2005) Progettazione delle strutture in acciaio  
Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
- **UNI EN 1993-1-9** (Agosto 2005) Progettazione delle strutture in acciaio  
Parte 1-9: Fatica
- **UNI EN 1992-1-1** (Novembre 2005) Progettazione delle strutture di calcestruzzo: Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- **UNI EN 1994-2** (Gennaio 2006) Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo: Parte 2: Regole generali e regole per i ponti;
- **EN 1090-2** (ottobre 2008) Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio  
Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio;
- **CNR-UNI 10011/'97** "Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione";
- **CNR-10016/'00** "Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni";
- **CNR-10030/'87** "Anime irrigidite di travi a parete piena"

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **14**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## 4. MATERIALI IMPIEGATI

Si riportano di seguito le caratteristiche principali dei materiali impiegati, rimandando agli elaborati di progetto per maggiori dettagli.

### 4.1. ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

- UNI EN 10025-5 :2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali- Parte 5 : Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica.
- Prodotti qualificati con marcatura CE secondo DM 14/01/2008
- Travi principali ed elementi composti saldati e coprighiunti in acciaio S355J2W con spessori  $\leq 40$ mm
- Angolari profilati e piastre bullonate (elementi non saldati) in acciaio S355J0W
- Caratteristiche meccaniche con riferimento al DM 14/01/2008:

**Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 80$ mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470

**Tabella 11.3.X - Laminati a caldo con profili a sezione cava**

UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490

### 4.2. BULLONI

Bulloni 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 (UNI EN 14399:2005 parti 3 e 4)

$$f_{yb} = 900 \text{ [N/mm}^2\text{]},$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tutte le giunzioni bullonate sono dimensionate nel rispetto delle NTC come collegamenti resistenti a taglio (Categoria A), sono inoltre verificate come collegamenti resistenti allo scorrimento allo stato limite di servizio (Categoria B) con coefficiente d'attrito  $\mu=0.4$ .

I fori devono avere il diametro uguale a quello del bullone maggiorato di:

1 [mm] fino a  $d = 20$  [mm], 2 [mm] fino a  $d \leq 24$  [mm], 3 [mm] fino a  $d > 24$  [mm]

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **15**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

I bulloni devono essere montati con una rosetta sotto la testa della vite e una rosetta sotto il dado. I bulloni disposti in verticale presentano la testa della vite rivolta verso l'alto e il dado verso il basso.

I bulloni dovranno avere un serraggio controllato secondo UNI EN 14399: K2 omogeneità dei lotti, marcatura CE ed un coefficiente di attrito filetto – dado – vite  $k_s$  compreso tra 0.1 e 0.23.

La coppia di serraggio da applicare alle viti deve indurre un valore di precarico come nel seguito descritto:

$$M = k_s d F_{p,c}$$

	Bulloni			
	M16	M20	M24	M27
$F_{p,c}$ [kN]	110	172	247	321*
* il precarico dei bulloni dei controventi è di 65kN				

$K_s$  : coefficiente di attrito filetto – dado - bulloni (come specificato dal produttore dei bulloni e riportato nei certificati di prova e nelle scatole dei bulloni)

$d$  : diametro nominale del bullone

$F_{p,c}$  : precarico

## 4.3. SALDATURA

Le saldature devono rispettare le indicazioni del §11.3.4.5 del DM14/01/2008.

Tutte le saldature di testa sono a piena penetrazione di classe I secondo CNR10011/97.

Le saldature realizzate mediante cordoni d'angolo che uniscono due laminati di spessori  $S_1$  e  $S_2$  ( $S_1 \geq S_2$ ) devono avere, eccetto dove diversamente indicato nei disegni, il lato  $Z$  soddisfacente la limitazione seguente:

$$0.5 \times S_2 = Z$$

## 4.4. CALCESTRUZZO PER SOLETTA

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2 \text{ (C32/40)}$$

Rapporto acqua /cemento < 0.45

Diametro massimo dell'inerte per le strutture  $\leq 20$  [mm]

Consistenza plastica = Classe Slump S4

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **16**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

- $f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3} = 3.02 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.12 \text{ N/mm}^2$
- $f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.63 \text{ N/mm}^2$

Acciaio per armature in barre B450C

$$f_{y,k} = 450 \text{ N/mm}^2$$

**Le resistenze di calcolo sono**

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s \quad \text{con } \gamma_s = 1.15 \quad \Rightarrow f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c \quad \text{con } \gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 0.85 \quad \Rightarrow f_{cd} = 18.1 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c \quad \text{con } \gamma_c = 1.5 \quad \Rightarrow f_{ctd} = 1.4 \text{ N/mm}^2$$

Classe di esposizione ambientale: CLASSE XF4 - Grado elevato di saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti

### 4.5. CLASSE DI ESECUZIONE

La classe generale di esecuzione dell'opera è EXC3 secondo EN 1090-2

## 5. METODO DI VERIFICA

Si verificano le strutture secondo il metodo degli stati limite.

Per le verifiche di resistenza riportano i valori di riferimento delle massime tensioni limite nei materiali.

Si considerano le seguenti caratteristiche per i materiali:

Acciaio S355

- Tensione caratteristica di snervamento = 355 N/mm<sup>2</sup>
- Tensione caratteristica di rottura = 510 N/mm<sup>2</sup>
- Modulo elastico E = 210 000 N/mm<sup>2</sup>
- Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.3$
- Modulo elastico tangenziale G = 80 770 N/mm<sup>2</sup>

Coefficienti di sicurezza:

- $\gamma_{M0} = 1.05$
- $\gamma_{M1} = 1.05$
- $\gamma_{M2} = 1.25$

Pertanto le tensioni di riferimento sono:

$$\sigma_d = 355/1.05 = 338.1 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\tau_d = \sigma_d/\sqrt{3} = 195.2 \quad [\text{N/mm}^2]$$

## **6. IMPOSTAZIONE GENERALE DELL'ANALISI**

L'analisi viene condotta tramite un modello di calcolo agli elementi finiti che rappresenta l'intera struttura con elementi frame ed elementi plate, collocati nella loro posizione reale.

Per considerare la sovrapposizione degli effetti nell'arco temporale, tipica per questa tipologia strutturale, si prendono in esame le seguenti fasi di vita della struttura:

### **6.1. FASE I**

In fase I la struttura è composta dalle travi metalliche con le relative aste di collegamento. In questa fase i carichi presenti (pesi propri degli elementi strutturali) sono affidati solamente alle strutture metalliche, in quanto il calcestruzzo non è ancora collaborante.

### **6.2. FASE II**

In fase 2 la resistenza delle strutture metalliche è affiancata dal contributo fornito dal calcestruzzo in fase di indurimento. Le aree in calcestruzzo presenti nel modello presentano le caratteristiche del calcestruzzo ridotte degli opportuni coefficienti.

I carichi presenti in questa fase sono i cosiddetti carichi a lungo termine, ossia:

- azioni permanenti (peso dei cordoli, dei guardavia e del manto di finitura,...);
- ritiro della soletta in calcestruzzo.

### **6.3. FASE III**

La fase 3 corrisponde alla condizione di esercizio della struttura, in cui sono presenti tutti i carichi, combinati secondo i coefficienti previsti dalla normativa di riferimento. Nel dettaglio:

- carichi mobili
- vento
- azioni di breve durata in genere
- gradiente termico

In questa fase la resistenza è fornita sia dalle strutture metalliche che dalla soletta in calcestruzzo.

**6.4. SCHEMA DI VINCOLO**

Si prevede l'utilizzo di appoggi di tipo sismico in neoprene armato aventi una rigidezza orizzontale pari a

Spalla: 3.17 [kN/mm] – massimo spostamento orizzontale amm = 147 [mm]

(Tensacciai TDRI-600-HM-125 altezza 257 mm e base 650 mm);

La mescola utilizzata per tali appoggi è di tipo Hard (H), avente quindi durezza 75 Shore A

modulo di elasticità tangenziale  $G_{din} = 1.4$  [N/mm<sup>2</sup>]

coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi = 15$  %

**6.5. SOTTOSTRUTTURE**

Per le generalità ed i calcoli riguardanti le spalle e le fondazioni in calcestruzzo, si rimanda all'apposito elaborato in relazione di calcolo redatta dal progettista incaricato.

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **20**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## 7. ANALISI DEI CARICHI

Vengono presi in esame i seguenti contributi di carico, riportati in asse trave in termini di carichi o coppie linearmente distribuite.

### 7.1. CARICHI AGENTI IN FASE I

### 7.2. PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO ( $G_1$ )

Il peso di tutta la struttura metallica viene calcolato in automatico dal programma di calcolo in funzione delle aree degli elementi strutturali

$$G_{1A} = 1\,980 \text{ kN}$$

Nell'analisi si considera inoltre il carico uniformemente distribuito dovuto al getto di prima fase ed al peso delle predalle pari a:

$$G_{1CLS} = 25 \times 14.3 \times 0.3 = 107.25 \text{ [kN/m]}$$

### 7.3. CARICHI AGENTI IN FASE II

#### 7.3.1. CARICHI PERMANENTI PORTATI ( $G_2$ )

Guardavia	$1.5 \times 2 =$	3.00	[kN/m]
Marciapiede	$25 \times 0.18 \times 1.9 \times 2 =$	41.25	[kN/m]
barriere	$4 \times 2 =$	8.00	[kN/m]
Pavimentazione	$23 \times 0.175 \times 10.5 =$	42.26	[kN/m]

Si sono considerati i contributi precedentemente indicati per un totale di

$$G_2 = 94.51 \text{ [kN/m]}$$

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **21**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

### 7.3.3. RITIRO (E2)

La sezione mista è soggetta ad uno stato di coazione dovuto al ritiro della soletta in c.a.

L'effetto del ritiro del calcestruzzo viene valutato secondo NTC2008 § 11.2.10.6 e 7.

$$h_0 = 2 \times A_c / u = 2 \times 4.26 / 15.27 = 558 \text{ mm}$$

$$R_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 32 \text{ MPa}$$

umidità relativa pari a 75 %

$$\epsilon_{c0} = -0.2997 \text{ ‰}$$

$$k_h = 0.7$$

$$\epsilon_{cd, \infty} = k_h \times \epsilon_{c0} = -2.1 \times 10^{-4} \quad \text{deformazione per ritiro da essiccamento}$$

$$\epsilon_{ca, \infty} = -2.5 (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = -5.8 \times 10^{-5} \quad \text{deformazione per ritiro autogeno}$$

$$\epsilon_{cs, \infty} = \epsilon_{cd, \infty} + \epsilon_{ca, \infty} = -2.68 \times 10^{-4} \quad \text{deformazione totale per ritiro}$$

In fase di progettazione si considera la deformazione totale da ritiro.

$$\varphi = 1.61 \quad \text{coefficiente di viscosità a tempo infinito}$$

$$E_{c\infty} = E_{cm} / (1 + \varphi) = 12\,870 \text{ N/mm}^2 \quad \text{modulo elastico a tempo infinito}$$

$$E_2 = A_c \times \epsilon_{cs, \infty} \times E_{c\infty} = -14\,676 \text{ kN} \quad \text{azione del ritiro}$$

### 7.3.4. VISCOSITÀ

$$E_{cm} = 33\,643 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad \text{modulo elastico istantaneo}$$

$$n_o = E_{acciaio} / E_{co} = 210\,000 / 33\,643 = 6.2 \quad \text{coefficiente di omogeneizzazione in Fase III}$$

$$\varphi = 1.65 \quad \text{coefficiente di viscosità a tempo infinito}$$

$$E_{c\infty} = E_{cm} / (1 + \varphi) = 12\,870 \text{ MPa} \quad \text{modulo elastico a tempo infinito}$$

$$n_{\infty} = E_{acciaio} / E_{c\infty} = 210\,000 / 12\,870 = 16.3 \quad \text{coefficiente di omogeneizzazione in Fase II}$$

## 7.4. CARICHI AGENTI IN FASE III

## 7.5. VARIAZIONI TERMICHE

### 7.5.1. DIFFERENZIALE (E3- REL)

Si considera un gradiente termico di  $5^{\circ}\text{C}$  tra estradosso ed intradosso dell'impalcato.

### 7.5.2. UNIFORME (E3-TOT)

Si considera una variazione termica uniforme di  $25^{\circ}\text{C}$  applicata all'intera struttura.

## 7.6. CARICHI ACCIDENTALI

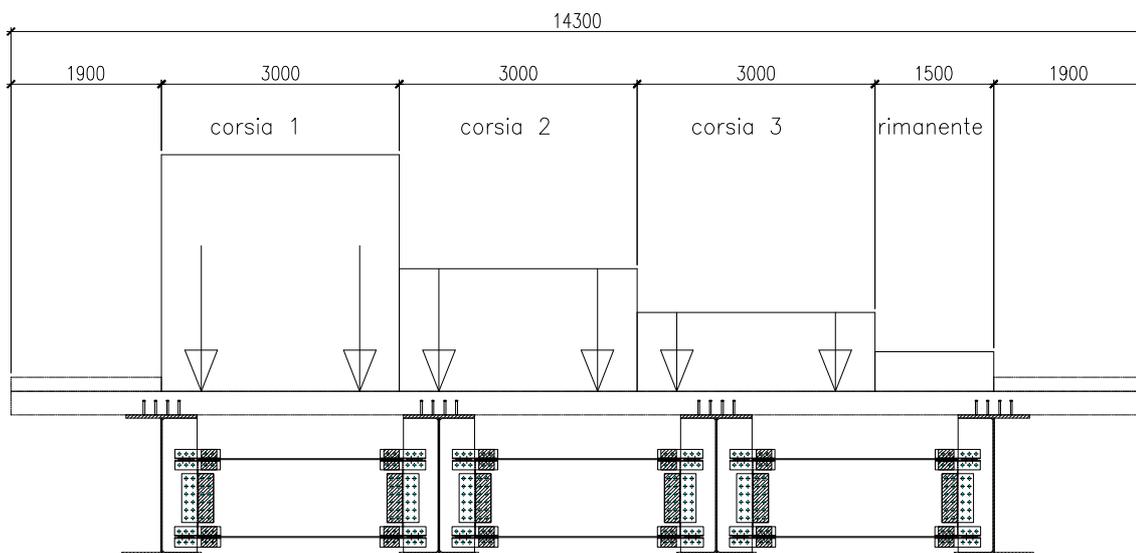
### 7.6.1. CARICHI MOBILI ( $Q_{1A}-Q_{1B}$ )

I carichi mobili applicati alla struttura fanno riferimento ai carichi previsti dalla normativa per i ponti di I categoria (NTC2008 - §5.1.3.3).

La carreggiata è in grado di ospitare tre corsie di carico larghe 3 m soggette a due forze concentrate ed un carico distribuito di entità pari a quanto indicato in normativa. Nella parte rimanente della carreggiata si considera un carico pari a  $2.5\text{kN/m}^2$ , come previsto da normativa.

Considerata la simmetria della struttura, si prendono in esame le seguenti disposizioni trasversali del carico mobile:

- Massima eccentricità sinistra (Q1-1)



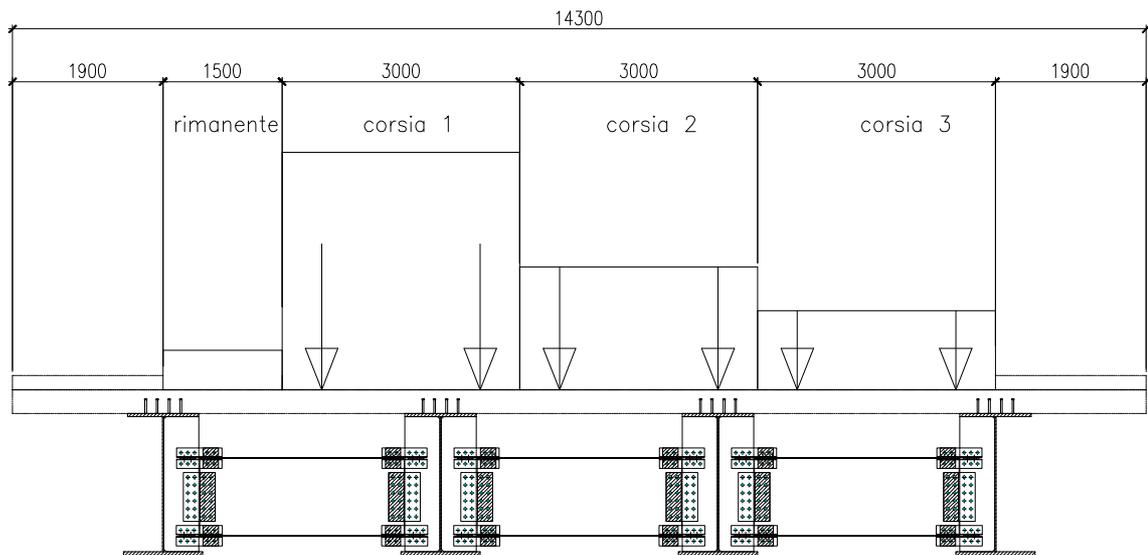
- Massimo carico su trave interna (Q1-2)

# RELAZIONE DI CALCOLO

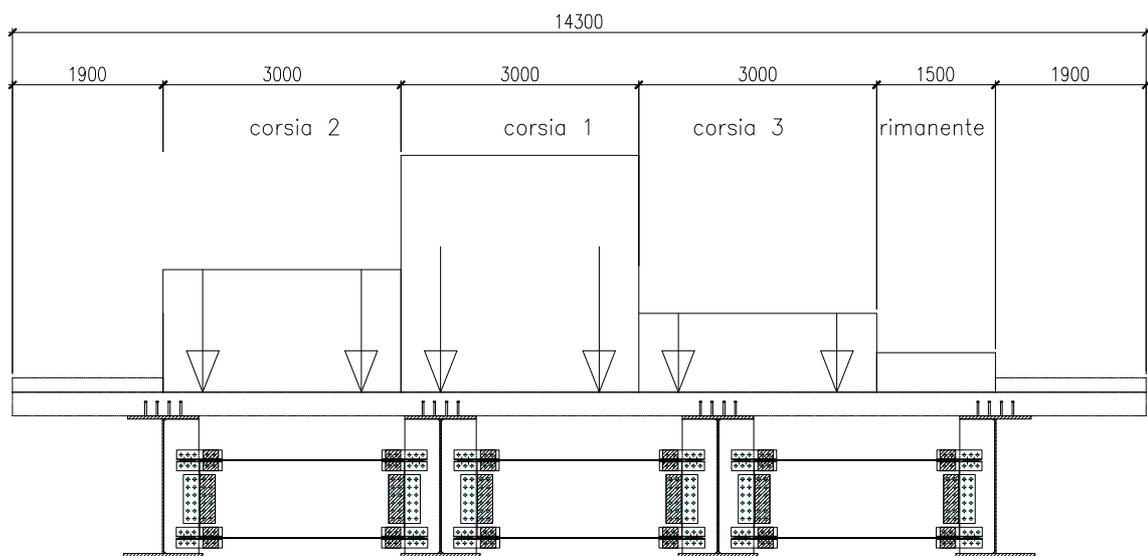
Pagine 60

Pagina 23

Rev. n° 0 Date 18.05.2018



- Massimo carico centrale (Q1-3)



## 7.7. AZIONI LONGITUDINALI DI FRENAMENTO (Q<sub>3</sub>)

$$Q_3 = 0.6 \times (2 \times 300) + 0.1 \times 9 \times 3 \times 42 = 473 \text{ [kN]}$$

Il valore assunto nei calcoli risulta pertanto essere pari a:

$$Q_3 = 473 / L = 11.27 \text{ [kN/m]}$$

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **24**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

### 7.8. AZIONE DEL VENTO ( $Q_5$ )

Secondo la normativa di riferimento (DM14/01/2008 - §5.1.3.7) l'azione del vento è convenzionalmente pari ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte. La superficie esposta al vento dei carichi transitanti sul ponte si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3.00 m a partire dal piano stradale.

Regione	Veneto
Zona	1
$V_{b,0}$ = velocità di riferimento a 10m dal suolo	25 [m/s]
Altitudine di riferimento	1000 [mslm]
$v_b$ = velocità di riferimento	25 [m/s]
$q_b$ = pressione di riferimento	0.39 [kN/m <sup>2</sup> ]
Categoria di esposizione	III
Classe di rugosità del terreno	C
$C_e$ = Coeff. di esposizione	1.71 [-]
$C_f$ = Coeff. di forza	1.7 [-]
$q_5$ = pressione del vento	<b>1.13 [kN/m<sup>2</sup>]</b>

Per il coefficiente di forza ( $c_f$ ) si fa riferimento al §8.3.1 dalla UNI EN 1991-1-4:2005

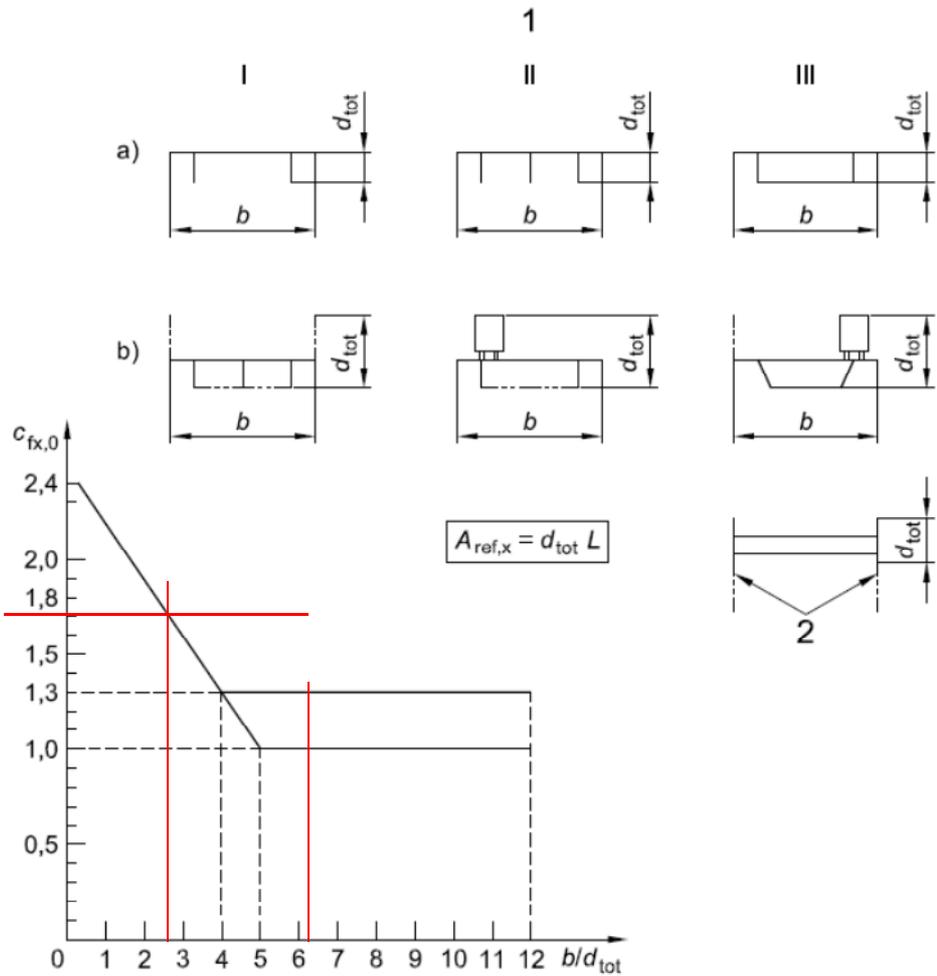
	Ponte scarico	Ponte carico
$b$ [m]	14.3	14.3
$d_{tot}$ [m]	$1.8+0.3+0.18 = 2.28$	$1.8+0.3+0.18+3 = 5.28$
$b/d_{tot}$	6.3	2.7
$c_f$	1.7	1.3
$q_5$ [kN/m <sup>2</sup> ]	1.13	0.87

# RELAZIONE DI CALCOLO

figura 8.3 Coefficiente di forza per i ponti,  $c_{fx,0}$

Legenda

- 1 Tipo di ponte
- 2 Travi reticolari separatamente
- a) Fase di costruzione o parapetti aperti (aperti più del 50%)
- b) Con parapetti o barriere antirumore o traffico



## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **26**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

### 7.9. AZIONE SISMICA ( $Q_6$ )

Vita nominale:  $V_N = 50$  anni

Classe d'uso: Classe IV

Periodo di riferimento per l'azione sismica:  $V_R = 50 \times 2.0 = 100$  anni

Categoria del sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Fattore di struttura:  $q = 1$ 

STATO LIMITE	$T_R$	$a_g$	$F_0$	$T_C^*$
	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	60	0.035	2.532	0.262
SLD	101	0.041	2.547	0.291
SLV	949	0.076	2.816	0.374
SLC	1950	0.091	2.831	0.404

I parametri fondamentali delle azioni sismiche in funzione dei diversi stati limite (Danno, Salvaguardia della Vita e Collasso) sono:

STATO LIMITE	SLD	SLV	SLC
$a_g$ [g]	0.041	0.076	0.091
$F_0$	2.547	2.816	2.831
$T_C^*$ [s]	0.291	0.374	0.404
$S_s$	1.800	1.800	1.800
$C_c$	2.318	2.043	1.966
$S_T$	1.000	1.000	1.000
$q$	1.000	1.000	1.000

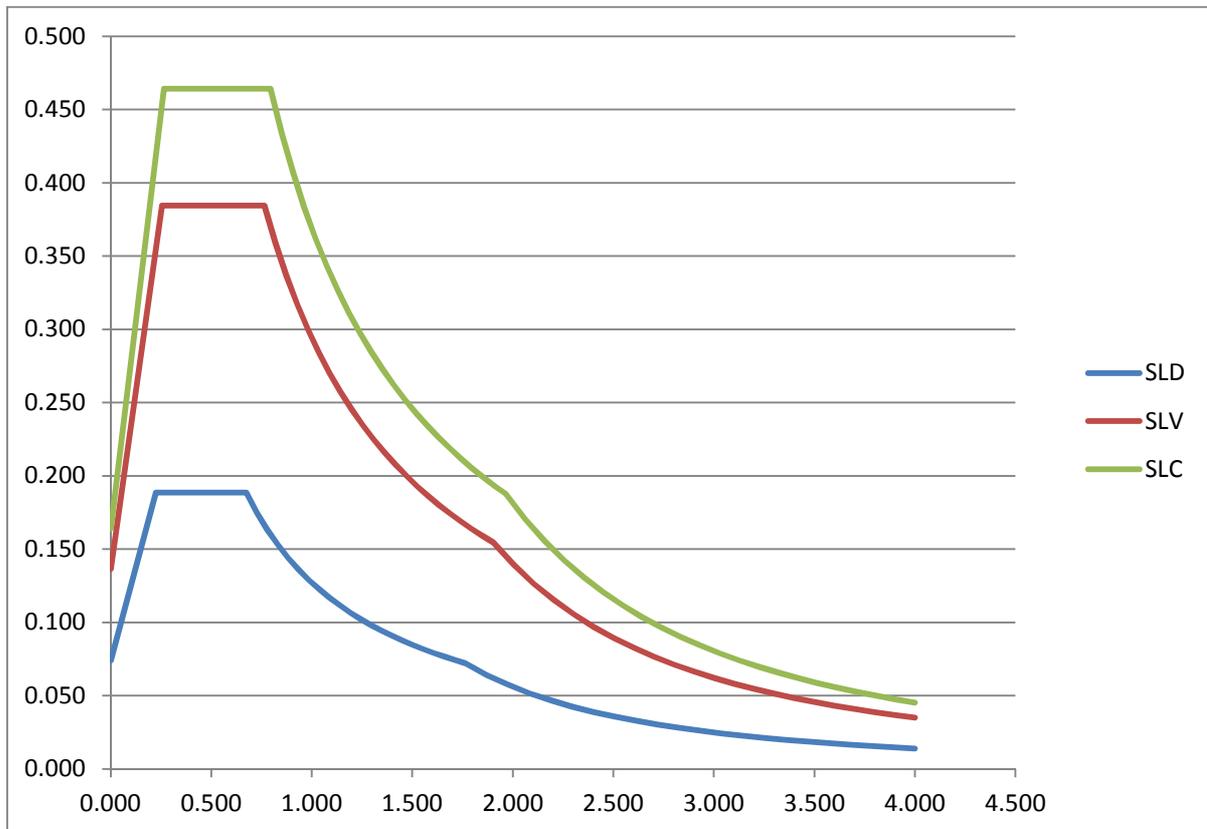
Si ripostano gli spettri dei vari stati limite indicando sull'asse delle ascisse i periodi di oscillazione e sull'asse delle ordinate le accelerazioni ( $a_g/g$ ):

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine 60

Pagina 27

Rev. n° 0 Date 18.05.2018



L'analisi della risposta sismica viene eseguita in campo lineare pertanto, la risposta viene calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti e gli effetti combinati successivamente applicando l'espressione :

$$Q_{6X} "+" 0.3 Q_{6Y} "+" 0.3 Q_{6Z}$$

Con rotazione degli indici.

Ai fini delle verifiche di resistenza le azioni da considerare in aggiunta a quella sismica sono solo quelle dovute ai carichi permanenti:

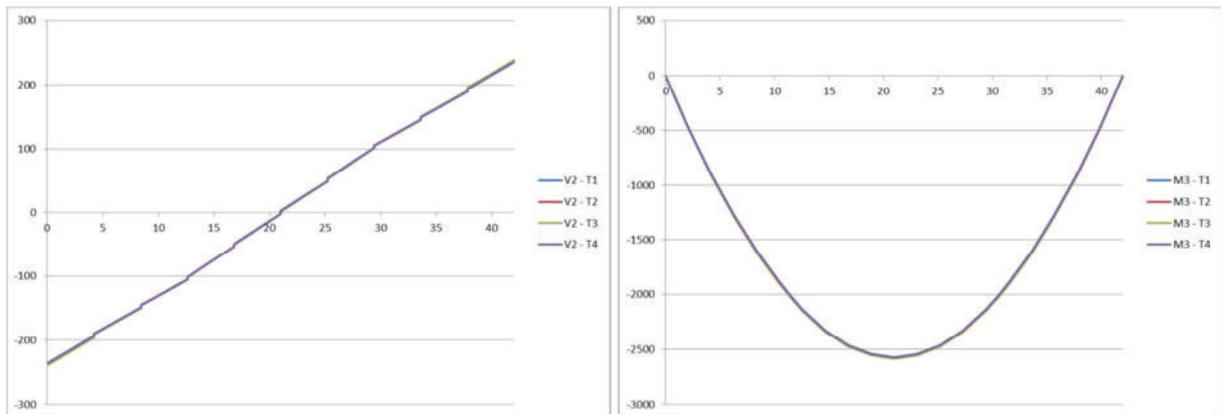
$$\pm Q_{6ENV} + G1 + G2 + E2 + 0.2 \times Q1.$$

## 8. DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

Si riportano i diagrammi delle sollecitazioni per i carichi principali relativi alle quattro travi longitudinali.

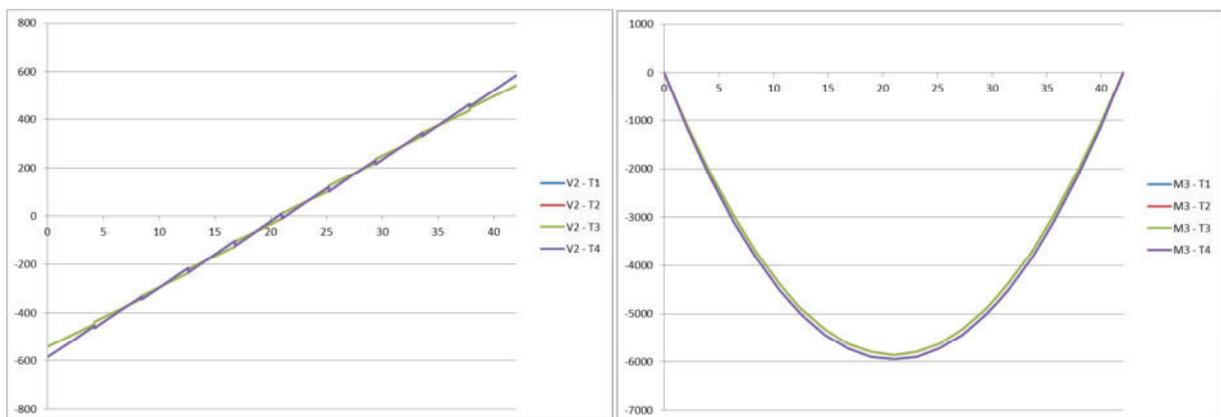
### 8.1. PDS PESO STRUTTURE ACCIAIO G1A

Taglio (V2) [kN] e momento flettente (M3) [kNm] verticali



### 8.2. PDS GETTO DELLA SOLETTA G1C

Taglio (V2) [kN] e momento flettente (M3) [kNm] verticali



# RELAZIONE DI CALCOLO

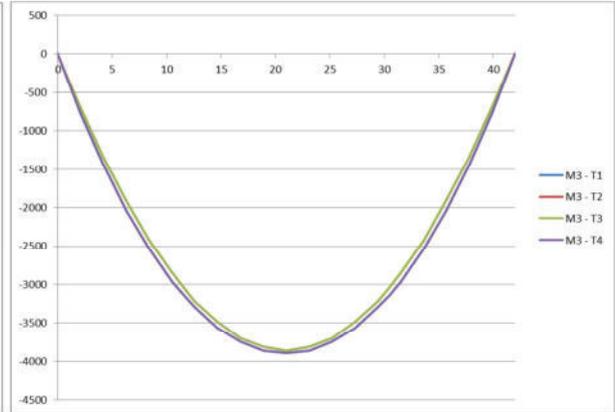
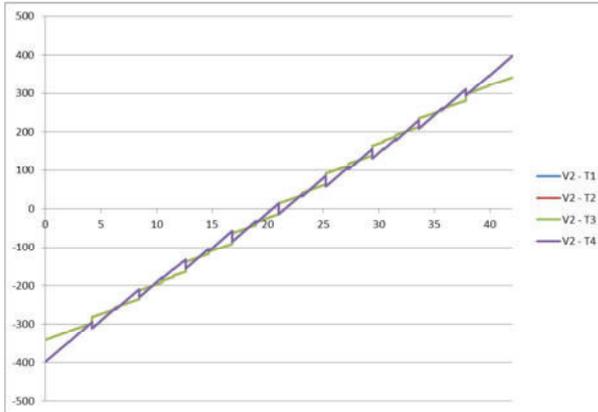
Pagine 60

Pagina 29

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

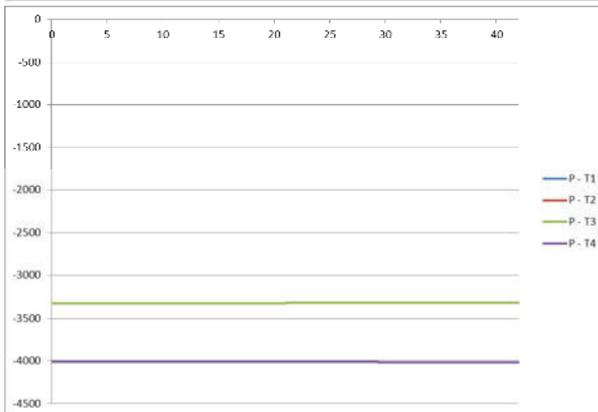
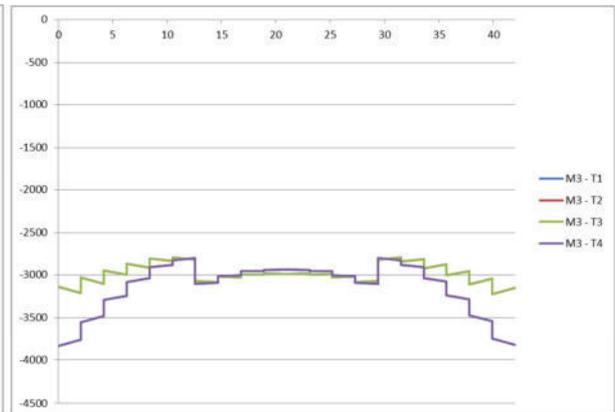
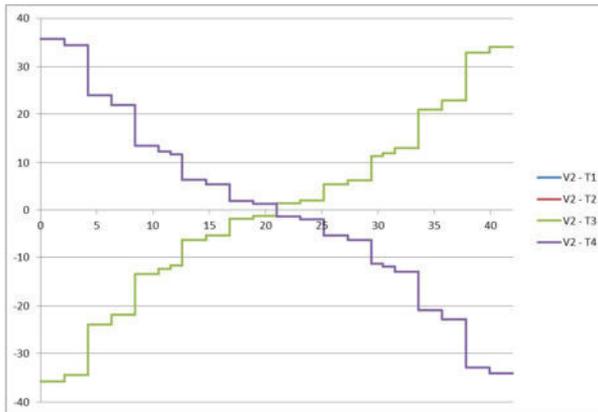
## 8.3. PDS CARICHI PERMANENTI G2

Taglio (V2) [kN] e momento flettente (M3) [kNm] verticali



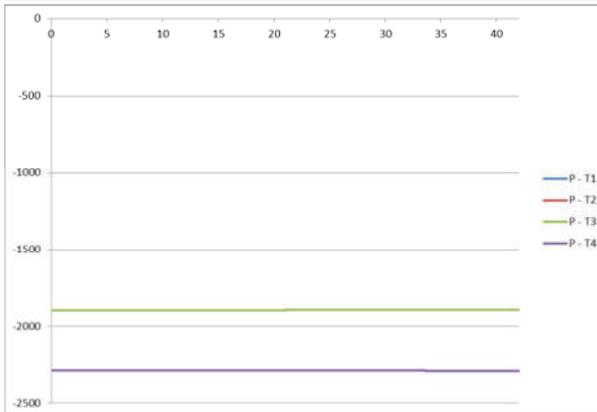
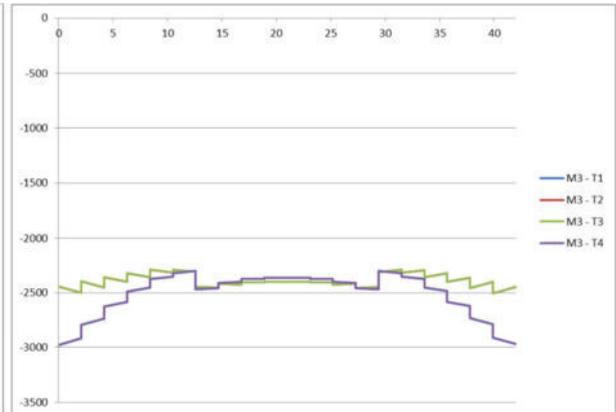
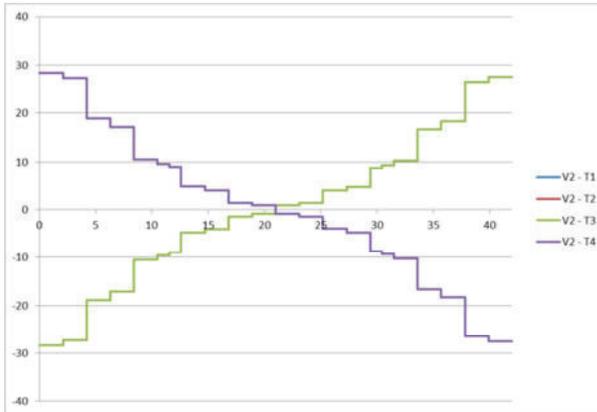
## 8.4. PDS RITIRO E2

Taglio (V2) [kN], momento flettente (M3) [kNm] e sforzo normale (P) [kN]



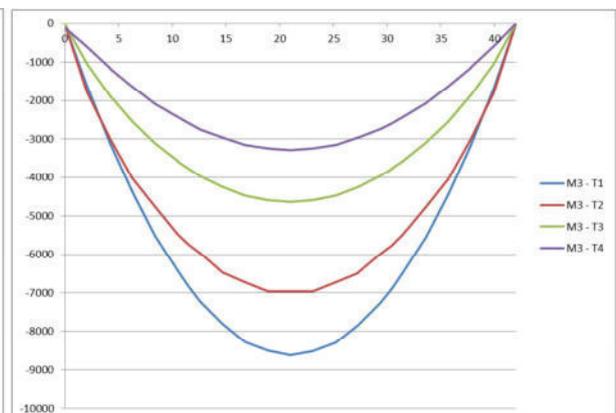
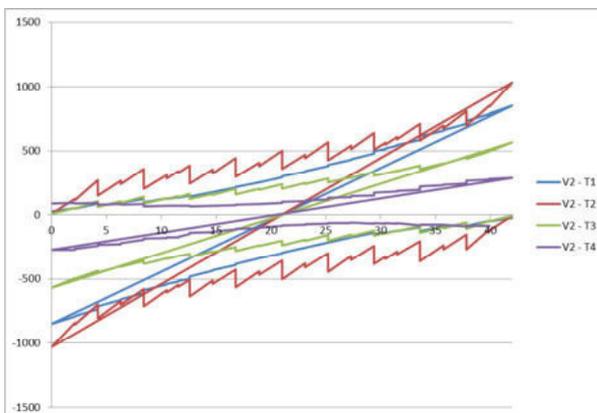
## 8.5. PDS VARIAZIONE TERMICA RELATIVA E3REL

Taglio (V2) [kN], momento flettente (M3) [kNm] e sforzo normale (P) [kN]



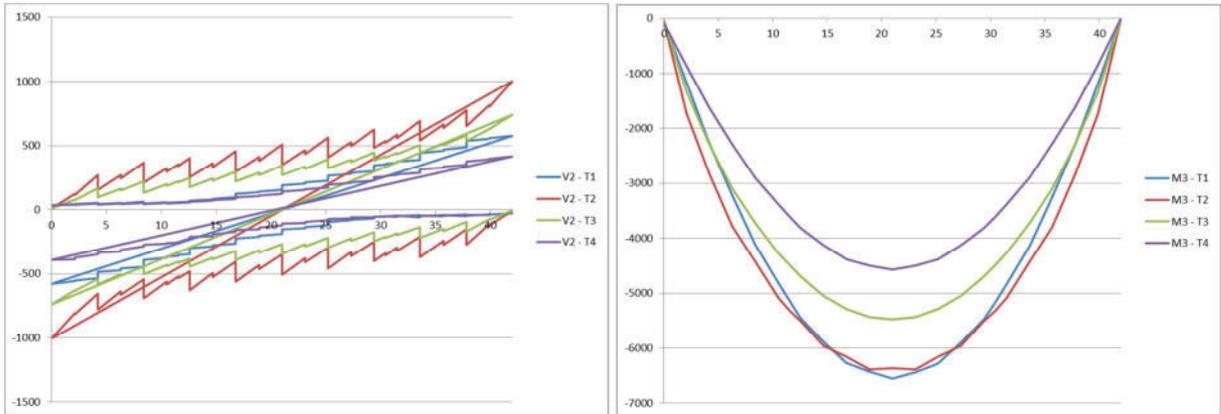
## 8.6. PDS CARICHI MOBILE CONFIGURAZIONE Q1-1

Taglio (V2) [kN], momento flettente (M3) [kNm] verticali



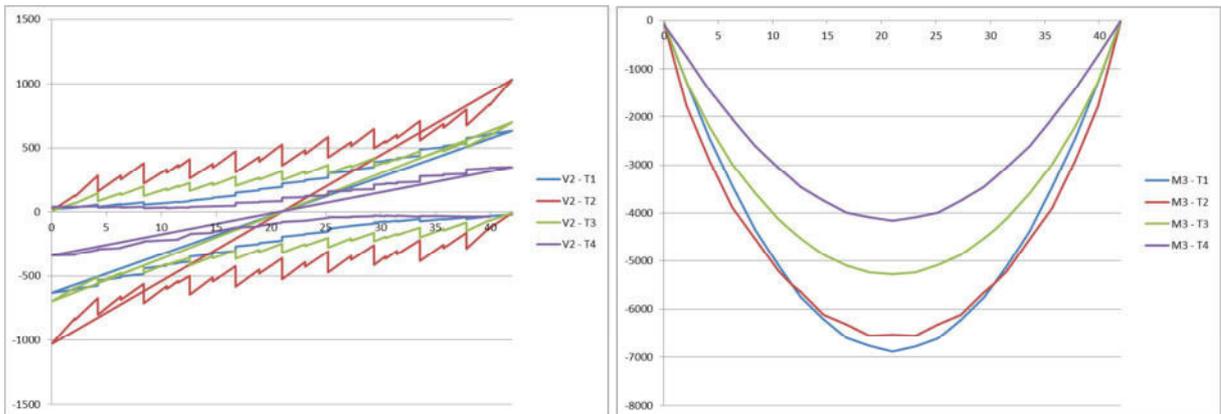
8.7. PDS CARICHI MOBILE CONFIGURAZIONE Q1-2

Taglio (V2) [kN], momento flettente (M3) [kNm] verticali



8.8. PDS CARICHI MOBILE CONFIGURAZIONE Q1-3

Taglio (V2) [kN], momento flettente (M3) [kNm] verticali



# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **32**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## 9. CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

### 9.1. CONDIZIONI DI CARICO

Le condizioni base prese in considerazione per la verifica dell'intera struttura sono le seguenti

AZIONE	COMMENTO	SEZIONE REAGENTE
$g_1$	Peso proprio strutture	Sezione metallica
$g_2$	Carichi permanenti portati	Sezione mista $n_{fin}$
$\epsilon_2$	Ritiro del cls gettato in opera	Sezione mista $n_{fin}$
$\epsilon_3$	Variazioni termiche	Sezione mista $n_{iniz}$
$q_1$	Carichi mobili	Sezione mista $n_{iniz}$
$q_3$	Azioni longitudinali di frenamento	Sezione mista $n_{iniz}$
$q_5$	Azione del vento	Sezione mista $n_{iniz}$
$q_6$	Azione del sisma	Sezione mista $n_{iniz}$

### 9.2. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in esame possono essere riassunte dalla matrice di combinazione riportata di seguito, dove per ciascuna condizione accidentale deve intendersi il complesso delle diverse disposizioni di carico.

Matrice delle combinazioni più gravose agli stati limite ultimi (SLU):

	G1	G2	E2	E3 <sub>TOT</sub>	E3 <sub>REL</sub>	Q3	Q5	Q1-1	Q1-2	Q1-3	Sisma SLV
SLU1	1.35 1.0	1.35 1.0	1.2 0	0.72 -0.72	0.72 -0.72	0 0	0.9 -0.9	1.35 0	0 0	0 0	0 0
SLU2	1.35 1.0	1.35 1.0	1.2 0	0.72 -0.72	0.72 -0.72	0 0	0.9 -0.9	0 0	1.35 0	0 0	0 0
SLU3	1.35 1.0	1.35 1.0	1.2 0	0.72 -0.72	0.72 -0.72	0 0	0.9 -0.9	0 0	0 0	1.35 0	0 0
SLU4	1.35 1.0	1.35 1.0	1.2 0	0.72 -0.72	0.72 -0.72	1.35 -1.35	0.9 -0.9	1.0125 0.54	0 0	0 0	0 0
SLU5	1.35 1.0	1.35 1.0	1.2 0	0.72 -0.72	0.72 -0.72	1.35 -1.35	0.9 -0.9	0 0	1.0125 0.54	0 0	0 0
SLU6	1.35 1.0	1.35 1.0	1.2 0	0.72 -0.72	0.72 -0.72	1.35 -1.35	0.9 -0.9	0 0	0 0	1.0125 0.54	0 0
SLU7	1.0 1.0	1.0 1.0	1 0	0 -0	0 0	0 0	0 0	0.2 0	0 0	0 0	1.0 -1.0
SLU8	1.0 1.0	1.0 1.0	1 0	0 0	0 -0	0 0	0 0	0 0	0.2 0	0 0	1.0 -1.0
SLU9	1.0 1.0	1.0 1.0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.2 0	1.0 -1.0

**Tabella 1: combinazione dei carichi previste dalla normativa**

Per i carichi mobili il valore caratteristico di combinazione prevede i seguenti coefficienti di combinazione

	Carico tandem	Carico distribuito
$\psi_1$	0.75	0.4
$\gamma_Q$	1.35	1.35
tot	1.0125	0.54

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine 60

Pagina 33

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## 10. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

### 10.1. COORDINATE E VINCOLI DEI NODI NEL MODELLO DI CALCOLO

La numerazione dei nodi della struttura è

Joint	XorR	Y	Z
Text	m	m	m
1	-21	0	0
2	-18.9	0	0
3	-16.8	0	0
4	-14.7	0	0
5	-12.6	0	0
6	-10.5	0	0
7	-9.45	0	0
8	-8.4	0	0
9	-6.3	0	0
10	-4.2	0	0
11	-2.1	0	0
12	0	0	0
13	2.1	0	0
14	4.2	0	0
15	6.3	0	0
16	8.4	0	0
17	9.45	0	0
18	10.5	0	0
19	12.6	0	0
20	14.7	0	0
21	16.8	0	0
22	18.9	0	0
23	21	0	0
24	-21	3.5	0
25	-18.9	3.5	0
26	-16.8	3.5	0
27	-14.7	3.5	0
28	-12.6	3.5	0
29	-10.5	3.5	0
30	-9.45	3.5	0

Joint	XorR	Y	Z
Text	m	m	m
31	-8.4	3.5	0
32	-6.3	3.5	0
33	-4.2	3.5	0
34	-2.1	3.5	0
35	0	3.5	0
36	2.1	3.5	0
37	4.2	3.5	0
38	6.3	3.5	0
39	8.4	3.5	0
40	9.45	3.5	0
41	10.5	3.5	0
42	12.6	3.5	0
43	14.7	3.5	0
44	16.8	3.5	0
45	18.9	3.5	0
46	21	3.5	0
47	-21	7	0
48	-18.9	7	0
49	-16.8	7	0
50	-14.7	7	0
51	-12.6	7	0
52	-10.5	7	0
53	-9.45	7	0
54	-8.4	7	0
55	-6.3	7	0
56	-4.2	7	0
57	-2.1	7	0
58	0	7	0
59	2.1	7	0
60	4.2	7	0

Joint	XorR	Y	Z
Text	m	m	m
61	6.3	7	0
62	8.4	7	0
63	9.45	7	0
64	10.5	7	0
65	12.6	7	0
66	14.7	7	0
67	16.8	7	0
68	18.9	7	0
69	21	7	0
70	-21	10.5	0
71	-18.9	10.5	0
72	-16.8	10.5	0
73	-14.7	10.5	0
74	-12.6	10.5	0
75	-10.5	10.5	0
76	-9.45	10.5	0
77	-8.4	10.5	0
78	-6.3	10.5	0
79	-4.2	10.5	0
80	-2.1	10.5	0

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine 60

Pagina 34

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

Joint	XorR	Y	Z
Text	m	m	m
81	0	10.5	0
82	2.1	10.5	0
83	4.2	10.5	0
84	6.3	10.5	0
85	8.4	10.5	0
86	9.45	10.5	0
87	10.5	10.5	0
88	12.6	10.5	0
89	14.7	10.5	0
90	16.8	10.5	0
91	18.9	10.5	0
92	21	10.5	0
93	-21	0	-1.258
94	-21	3.5	-1.258
95	-21	7	-1.258
96	-21	10.5	-1.258
97	-16.8	0	-1.258
98	-16.8	3.5	-1.258
99	-16.8	7	-1.258
100	-16.8	10.5	-1.258
101	-12.6	0	-1.055
102	-12.6	3.5	-1.055
103	-12.6	7	-1.055
104	-12.6	10.5	-1.055
105	-8.4	0	-1.055
106	-8.4	3.5	-1.055
107	-8.4	7	-1.055
108	-8.4	10.5	-1.055
109	-4.2	0	-1.055
110	-4.2	3.5	-1.055
111	-4.2	7	-1.055
112	-4.2	10.5	-1.055
113	0	0	-1.055
114	0	3.5	-1.055
115	0	7	-1.055
116	0	10.5	-1.055
117	4.2	0	-1.055
118	4.2	3.5	-1.055
119	4.2	7	-1.055
120	4.2	10.5	-1.055

Joint	XorR	Y	Z
Text	m	m	m
121	8.4	0	-1.055
122	8.4	3.5	-1.055
123	8.4	7	-1.055
124	8.4	10.5	-1.055
125	12.6	0	-1.055
126	12.6	3.5	-1.055
127	12.6	7	-1.055
128	12.6	10.5	-1.055
129	16.8	0	-1.258
130	16.8	3.5	-1.258
131	16.8	7	-1.258
132	16.8	10.5	-1.258
133	21	0	-1.258
134	21	3.5	-1.258
135	21	7	-1.258
136	21	10.5	-1.258
201	-21	0	-2.6
202	-21	3.5	-2.6
203	-21	7	-2.6
204	-21	10.5	-2.6
205	21	0	-2.6
206	21	3.5	-2.6
207	21	7	-2.6
208	21	10.5	-2.6
a173	-21.5	0	0
a197	21.5	0	0
a198	-21.5	3.5	0
a222	21.5	3.5	0
a223	-21.5	7	0
a247	21.5	7	0
a248	-21.5	10.5	0
a272	21.5	10.5	0
a273	-21	0	0.15
a274	21	0	0.15
a275	-21	3.5	0.15
a276	21	3.5	0.15
a277	-21	7	0.15
a278	21	7	0.15
a279	-21	10.5	0.15
a280	21	10.5	0.15

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **35**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
201	No	No	Yes	No	No	No
202	No	No	Yes	No	No	No
203	No	No	Yes	No	No	No
204	No	No	Yes	No	No	No
205	No	No	Yes	No	No	No
206	No	No	Yes	No	No	No
207	No	No	Yes	No	No	No
208	No	No	Yes	No	No	No

Joint	CoordSys	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	KN/m	KN/m	KN/m	KN- m/rad	KN- m/rad	KN- m/rad
201	GLOBAL	3170	3170	0	0	0	0
205	GLOBAL	3170	3170	0	0	0	0
202	GLOBAL	3170	3170	0	0	0	0
206	GLOBAL	3170	3170	0	0	0	0
203	GLOBAL	3170	3170	0	0	0	0
207	GLOBAL	3170	3170	0	0	0	0
204	GLOBAL	3170	3170	0	0	0	0
208	GLOBAL	3170	3170	0	0	0	0

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **36**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## 10.2. NUMERAZIONE E SEZIONI DEGLI ELEMENTI FRAME

Numerazione delle aste della struttura.

TABLE: Connectivity - Frame									
Frame	JointI	JointJ	AnalSect	Length	Frame	JointI	JointJ	AnalSect	Length
Text	Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	Text	m
1	1	2	C02	2.1	33	34	35	C11	2.1
2	2	3	C03	2.1	34	35	36	C11	2.1
3	3	4	C04	2.1	35	36	37	C10	2.1
4	4	5	C05	2.1	36	37	38	C09	2.1
5	5	6	C06	2.1	37	38	39	C08	2.1
6	6	7	C07	1.05	38	39	40	C07	1.05
7	7	8	C07	1.05	39	40	41	C07	1.05
8	8	9	C08	2.1	40	41	42	C06	2.1
9	9	10	C09	2.1	41	42	43	C05	2.1
10	10	11	C10	2.1	42	43	44	C04	2.1
11	11	12	C11	2.1	43	44	45	C03	2.1
12	12	13	C11	2.1	44	45	46	C02	2.1
13	13	14	C10	2.1	45	47	48	C02	2.1
14	14	15	C09	2.1	46	48	49	C03	2.1
15	15	16	C08	2.1	47	49	50	C04	2.1
16	16	17	C07	1.05	48	50	51	C05	2.1
17	17	18	C07	1.05	49	51	52	C06	2.1
18	18	19	C06	2.1	50	52	53	C07	1.05
19	19	20	C05	2.1	51	53	54	C07	1.05
20	20	21	C04	2.1	52	54	55	C08	2.1
21	21	22	C03	2.1	53	55	56	C09	2.1
22	22	23	C02	2.1	54	56	57	C10	2.1
23	24	25	C02	2.1	55	57	58	C11	2.1
24	25	26	C03	2.1	56	58	59	C11	2.1
25	26	27	C04	2.1	57	59	60	C10	2.1
26	27	28	C05	2.1	58	60	61	C09	2.1
27	28	29	C06	2.1	59	61	62	C08	2.1
28	29	30	C07	1.05	60	62	63	C07	1.05
29	30	31	C07	1.05	61	63	64	C07	1.05
30	31	32	C08	2.1	62	64	65	C06	2.1
31	32	33	C09	2.1	63	65	66	C05	2.1
32	33	34	C10	2.1	64	66	67	C04	2.1

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **37**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

Frame	JointI	JointJ	AnalSect	Length
Text	Text	Text	Text	m
65	67	68	C03	2.1
66	68	69	C02	2.1
67	70	71	C02	2.1
68	71	72	C03	2.1
69	72	73	C04	2.1
70	73	74	C05	2.1
71	74	75	C06	2.1
72	75	76	C07	1.05
73	76	77	C07	1.05
74	77	78	C08	2.1
75	78	79	C09	2.1
76	79	80	C10	2.1
77	80	81	C11	2.1
78	81	82	C11	2.1
79	82	83	C10	2.1
80	83	84	C09	2.1
81	84	85	C08	2.1
82	85	86	C07	1.05
83	86	87	C07	1.05
84	87	88	C06	2.1
85	88	89	C05	2.1
86	89	90	C04	2.1
87	90	91	C03	2.1
88	91	92	C02	2.1
89	93	94	T1100	3.5
90	94	95	T1100	3.5
91	95	96	T1100	3.5
92	97	98	T1100-2	3.5
93	98	99	T1100-2	3.5
94	99	100	T1100-2	3.5
95	101	102	T1000	3.5
96	102	103	T1000	3.5

Frame	JointI	JointJ	AnalSect	Length
Text	Text	Text	Text	m
97	103	104	T1000	3.5
98	105	106	T1000	3.5
99	106	107	T1000	3.5
100	107	108	T1000	3.5
101	109	110	T1000	3.5
102	110	111	T1000	3.5
103	111	112	T1000	3.5
104	113	114	T1000	3.5
105	114	115	T1000	3.5
106	115	116	T1000	3.5
107	117	118	T1000	3.5
108	118	119	T1000	3.5
109	119	120	T1000	3.5
110	121	122	T1000	3.5
111	122	123	T1000	3.5
112	123	124	T1000	3.5
113	125	126	T1000	3.5
114	126	127	T1000	3.5
115	127	128	T1000	3.5
116	129	130	T1100-2	3.5
117	130	131	T1100-2	3.5
118	131	132	T1100-2	3.5
119	133	134	T1100	3.5
120	134	135	T1100	3.5
121	135	136	T1100	3.5
122	a173	1	C01	0.5
123	23	a197	C01	0.5
124	a198	24	C01	0.5
125	46	a222	C01	0.5
126	a223	47	C01	0.5
127	69	a247	C01	0.5
128	a248	70	C01	0.5
129	92	a272	C01	0.5

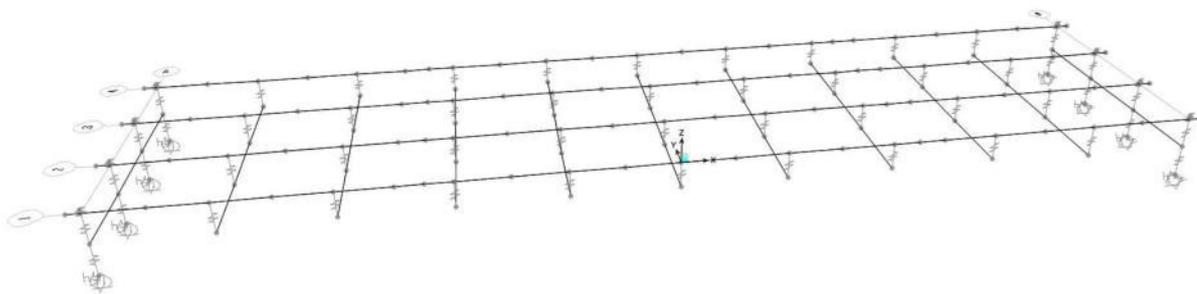
# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

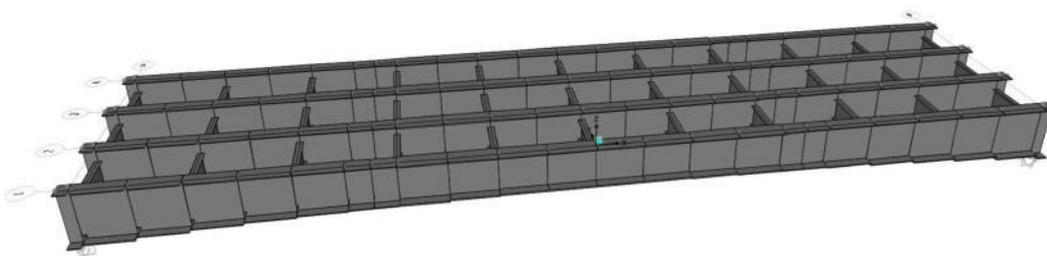
Pagina **38**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

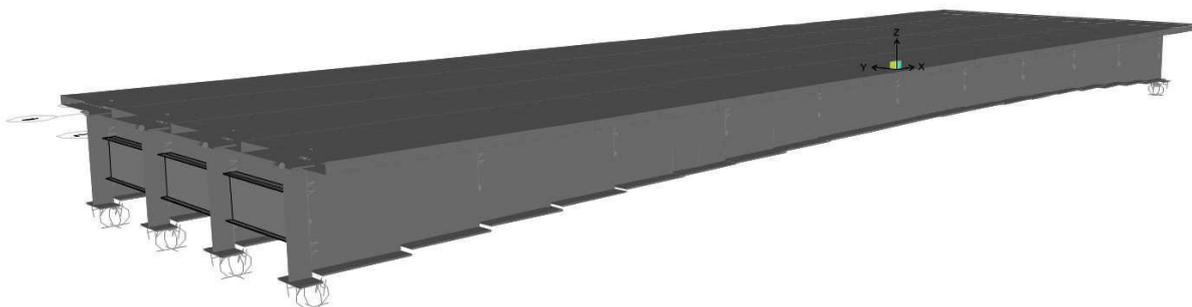
TABLE: Connectivity - Link							
Link	JointI	JointJ	Length	Link	JointI	JointJ	Length
Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	m
1	1	a273	0.15	35	115	58	1.055
2	24	a275	0.15	36	119	60	1.055
3	47	a277	0.15	37	123	62	1.055
4	70	a279	0.15	38	127	65	1.055
5	23	a274	0.15	39	131	67	1.258
6	46	a276	0.15	40	100	72	1.258
7	69	a278	0.15	41	104	74	1.055
8	92	a280	0.15	42	108	77	1.055
13	97	3	1.258	43	112	79	1.055
14	101	5	1.055	44	116	81	1.055
15	105	8	1.055	45	120	83	1.055
16	109	10	1.055	46	124	85	1.055
17	113	12	1.055	47	128	88	1.055
18	117	14	1.055	48	132	90	1.258
19	121	16	1.055	49	201	93	1.342
20	125	19	1.055	50	202	94	1.342
21	129	21	1.258	51	203	95	1.342
22	98	26	1.258	52	204	96	1.342
23	102	28	1.055	53	93	1	1.258
24	106	31	1.055	54	94	24	1.258
25	110	33	1.055	55	95	47	1.258
26	114	35	1.055	56	96	70	1.258
27	118	37	1.055	57	205	133	1.342
28	122	39	1.055	58	206	134	1.342
29	126	42	1.055	59	207	135	1.342
30	130	44	1.258	60	208	136	1.342
31	99	49	1.258	61	133	23	1.258
32	103	51	1.055	62	134	46	1.258
33	107	54	1.055	63	135	69	1.258
34	111	56	1.055	64	136	92	1.258



**Figura 1: Vista degli assi degli elementi del modello di calcolo**



**Figura 2: Vista degli ingombri degli elementi del modello di calcolo senza la soletta**

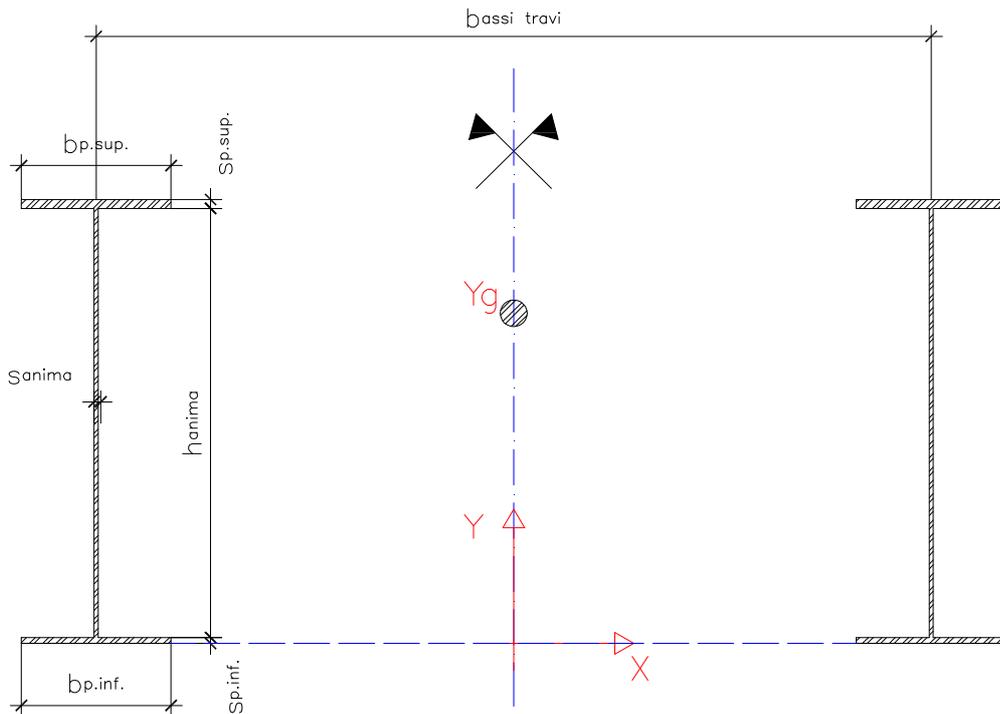


**Figura 3: Vista del modello di calcolo con la soletta**

### 10.3. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E STATICO – INERZIALI DELLA SEZIONE

L'impalcato è costituito da travi con sezione a doppio T in acciaio.

Si riportano degli schemi di riferimento per la geometria delle sezioni:



**Figura 4: Schema di riferimento per la geometria delle sezioni trasversali**

Sez	B <sub>sup</sub>	S <sub>sup</sub>	h <sub>w</sub>	S <sub>w</sub>	B <sub>inf</sub>	S <sub>inf</sub>	B <sub>eff</sub>	φ <sub>sup</sub>	passo <sub>sup</sub>	φ <sub>inf</sub>	passo <sub>inf</sub>	Dia pioli	h piolo	int <sub>PIOLI</sub>	n° PIOLI
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	-
C01	800	35	2440	18	950	40	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C02	800	35	2290	18	950	40	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C03	800	35	2158	18	950	40	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C04	800	35	2043	18	950	40	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C05	800	35	1946	18	950	40	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C06	800	35	1866	18	950	40	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C07	800	35	1833	18	950	40	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C08	900	40	1784	16	1000	55	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C09	900	40	1740	16	1000	55	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C10	900	40	1714	16	1000	55	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
C11	900	40	1705	16	1000	55	3500	20	200	20	200	22	210	200	4
T1000	300	12	976	8	300	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T1100	300	15	976	15	300	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T1100-2	300	12	1076	8	300	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche e statico-inerziali assunte a base dei calcoli di verifica delle sezioni trasversali in cui è stato discretizzato l'impalcato.

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **41**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

Calcolo delle caratteristiche statiche della sezione in acciaio:

$$Area = n^{\circ}_{travi} \cdot (\sum b_i \cdot s_i + Area_{ribanima})$$

$$Peso = Area \cdot 7850$$

$$Y_g = \frac{\sum (b_i \cdot s_i \cdot Y_{ret \tan golo})}{\sum b_i \cdot s_i}$$

$$J_x = n^{\circ}_{travi} \cdot \sum \left( \frac{1}{12} b_i \cdot s_i^3 + b_i \cdot s_i \cdot dist_y^2 \right); dist_y = Y_{ret \tan golo} - Y_g$$

$$J_y = n^{\circ}_{travi} \cdot \sum \left( \frac{1}{12} s_i \cdot b_i^3 + b_i \cdot s_i \cdot dist_x^2 \right); dist_x = X_{ret \tan golo} - \frac{b_{assi\_travi}}{2}$$

$$J_i = \frac{4 \cdot \Omega^2}{\sum \frac{b_i}{s_i}}; \Omega = b_{assi\_travi} \cdot H_{trave}$$

$$W_{x.acc.sup} = \frac{J_x}{H_{trave} - Y_g}; W_{x.an.sup} = \frac{J_x}{H_{trave} - Y_g - s_{p.sup}}$$

$$W_{x.acc.inf} = \frac{J_x}{Y_g}; W_{x.an.inf} = \frac{J_x}{Y_g - s_{p.inf}}$$

$$S_{x.an.sup} = n^{\circ}_{travi} \cdot \left[ b_{p.sup} \cdot s_{p.sup} \cdot \left( H_{trave} - Y_g - \frac{s_{p.sup}}{2} \right) \right]$$

$$S_{x.an.inf} = n^{\circ}_{travi} \cdot \left[ b_{p.inf} \cdot s_{p.inf} \cdot \left( Y_g - \frac{s_{p.inf}}{2} \right) \right]$$

$$S_{x.max} = n^{\circ}_{travi} \cdot \left[ b_{p.inf} \cdot s_{p.inf} \cdot \left( Y_g - \frac{s_{p.inf}}{2} \right) + (Y_g - s_{p.inf}) \cdot s_{anima} \cdot \frac{(Y_g - s_{p.inf})}{2} \right]$$

$$W_{y-sup-E} = \frac{J_y}{\frac{b_{assi\_travi}}{2} + \frac{b_{p.sup}}{2}}; W_{y-sup-I} = \frac{J_y}{\frac{b_{assi\_travi}}{2} - \frac{b_{p.sup}}{2}}$$

$$W_{y-inf-E} = \frac{J_y}{\frac{b_{assi\_travi}}{2} + \frac{b_{p.inf}}{2}}; W_{y-inf-I} = \frac{J_y}{\frac{b_{assi\_travi}}{2} - \frac{b_{p.inf}}{2}}$$

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{Area}}; i_y = \sqrt{\frac{J_y}{Area}}$$

Calcolo delle caratteristiche statiche della soletta di calcestruzzo:

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **42**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

$$Area = n^{\circ}_{travi} \cdot \left( \frac{B \cdot s_{getto}}{n} + n^{\circ}_{barre.sup} \cdot \frac{\pi\phi_{sup}^2}{4} + n^{\circ}_{barre.inf} \cdot \frac{\pi\phi_{inf}^2}{4} \right); n^{\circ}_{barre.sup/inf} = \frac{B}{PASSO_{barre.sup/inf}}$$

$$Y_g = \frac{\frac{B \cdot s_{getto}}{n} \cdot \left( H_{trave} + s_{dall} + \frac{s_{getto}}{2} \right) + n^{\circ}_{barre.sup} \cdot \frac{\pi\phi_{sup}^2}{4} \cdot (H_{trave} + s_{dall} + s_{getto} - coprif) + n^{\circ}_{barre.inf} \cdot \frac{\pi\phi_{inf}^2}{4} \cdot (H_{trave} + s_{dall})}{\frac{Area}{n^{\circ}_{travi}}}$$

$$J_x = n^{\circ}_{travi} \left[ \frac{\frac{1}{12} B \cdot s_{getto}^3 + B \cdot s_{getto} \cdot \left( H_{trave} + s_{dall} + \frac{s_{getto}}{2} - Y_g \right)^2}{n} + n^{\circ}_{barre.sup} \cdot \frac{\pi\phi_{sup}^2}{4} \cdot (H_{trave} + s_{dall} + s_{getto} - coprif - Y_g)^2 + n^{\circ}_{barre.inf} \cdot \frac{\pi\phi_{inf}^2}{4} \cdot (H_{trave} + s_{dall} - Y_g)^2 \right]$$

$$J_y = n^{\circ}_{travi} \left[ \frac{\frac{1}{12} B^3 s_{getto} + B s_{getto} \left( \frac{b_{assi\_travi}}{2} \right)^2}{n} + \sum \frac{\pi\phi_{inf}^2}{4} d_i + \sum \frac{\pi\phi_{sup}^2}{4} d_i \right];$$

$d_i$  funzione che calcola la posizione delle barre d'armatura in direzione Y

Calcolo delle caratteristiche statiche della sezione mista Acciaio-Calcestruzzo:

$$Area = Area_{acc} + Area_{cls}$$

$$Y_g = \frac{A_{acc} \cdot Y_{g-acc} + A_{cls} \cdot Y_{g-cls}}{Area}$$

$$J_x = J_{acc} + J_{cls} + A_{acc} (Y_g - Y_{g-acc})^2 + A_{cls} (Y_g - Y_{g-cls})^2$$

$$J_y = J_{y-acc} + J_{y-cls}$$

$$J_t = \frac{4 \cdot \Omega^2}{\sum \frac{b_i}{s_i}}; \Omega = b_{assi\_travi} \cdot \left( H_{trave} + \frac{s_{soletta}}{2} \right)$$

$$W_{x-i} = \frac{J_x}{d_i}$$

$$W_{y-i} = \frac{J_y}{d_i}$$

Dove  $d_i$  rappresenta la distanza dal baricentro della sezione mista al punto in cui si vuole calcolare il modulo di resistenza.

$$S_{bar.sol} = n^{\circ}_{travi} \left\{ \frac{\pi\phi_{sup}^2}{4} n^{\circ}_{barre.sup} (H_{trave} + s_{soletta} - coprif - Y_g) + \left[ \frac{s_{getto} B}{2} \left( H_{trave} + s_{dall} + \frac{s_{getto}}{2} - Y_g \right) \right] \frac{1}{n} \right\}$$

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **43**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

$$S_{pioli} = n^{\circ}_{travi} \left\{ \frac{\pi\phi_{sup}^2}{4} n^{\circ}_{barre.sup} (H_{travi} + s_{soletta} - coprif - Y_g) + \frac{\pi\phi_{inf}^2}{4} n^{\circ}_{barre.inf} (H_{travi} + s_{dall} - Y_g) + \left[ \frac{s_{getto} B}{2} \left( H_{travi} + s_{dall} + \frac{s_{getto}}{2} - Y_g \right) \right] \frac{1}{n} \right\}$$

$$S_{an.sup} = n^{\circ}_{travi} \left[ b_{p.sup} s_{p.sup} \left( H_{travi} - \frac{s_{p.sup}}{2} - Y_g \right) \right] + A_{cls} (Y_{g-cls} - Y_g)$$

$$S_{an.inf} = n^{\circ}_{travi} \left[ b_{p.inf} s_{p.inf} \left( Y_g - \frac{s_{p.inf}}{2} \right) \right]$$

$$S_{x.max} = n^{\circ}_{travi} \left[ b_{p.inf} s_{p.inf} \left( Y_g - \frac{s_{p.inf}}{2} \right) + s_{an} \frac{(Y_g - s_{p.inf})^2}{2} \right]$$

Sezione	Fase I				
	Area cm <sup>2</sup>	Yg mm	Jx cm <sup>4</sup>	Jy cm <sup>4</sup>	J <sub>tors</sub> cm <sup>4</sup>
C01	1 099	1 147	12 169 160	435 244	3 644
C02	1 072	1 076	10 615 424	435 236	3 615
C03	1 048	1 014	9 347 698	435 230	3 590
C04	1 028	959	8 317 504	435 224	3 567
C05	1 010	914	7 501 250	435 220	3 548
C06	996	877	6 863 706	435 216	3 533
C07	990	861	6 609 989	435 214	3 526
C08	1 195	799	8 140 062	701 394	7 709
C09	1 188	779	7 733 616	701 393	7 703
C10	1 184	768	7 498 776	701 392	7 700
C11	1 183	764	7 418 405	701 392	7 699
T1000	150	500	237 696	5 404	51
T1100	251	550	418 023	6 780	188
T1100-2	158	550	296 134	5 405	53

Sezione	Fase II				
	Area cm <sup>2</sup>	Yg mm	Jx cm <sup>4</sup>	Jy cm <sup>4</sup>	J <sub>tors</sub> cm <sup>4</sup>
C01	1 745	1 717	21 863 072	27 209 522	196 659
C02	1 718	1 625	19 262 730	27 209 515	196 630
C03	1 695	1 544	17 126 307	27 209 508	196 604
C04	1 674	1 473	15 378 971	27 209 503	196 582
C05	1 656	1 413	13 986 382	27 209 498	196 563
C06	1 642	1 363	12 893 076	27 209 494	196 547
C07	1 636	1 342	12 456 491	27 209 492	196 541
C08	1 842	1 238	14 757 324	27 475 673	200 724
C09	1 835	1 212	14 081 562	27 475 671	200 718
C10	1 830	1 196	13 690 270	27 475 670	200 715
C11	1 829	1 191	13 556 208	27 475 670	200 713

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **44**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

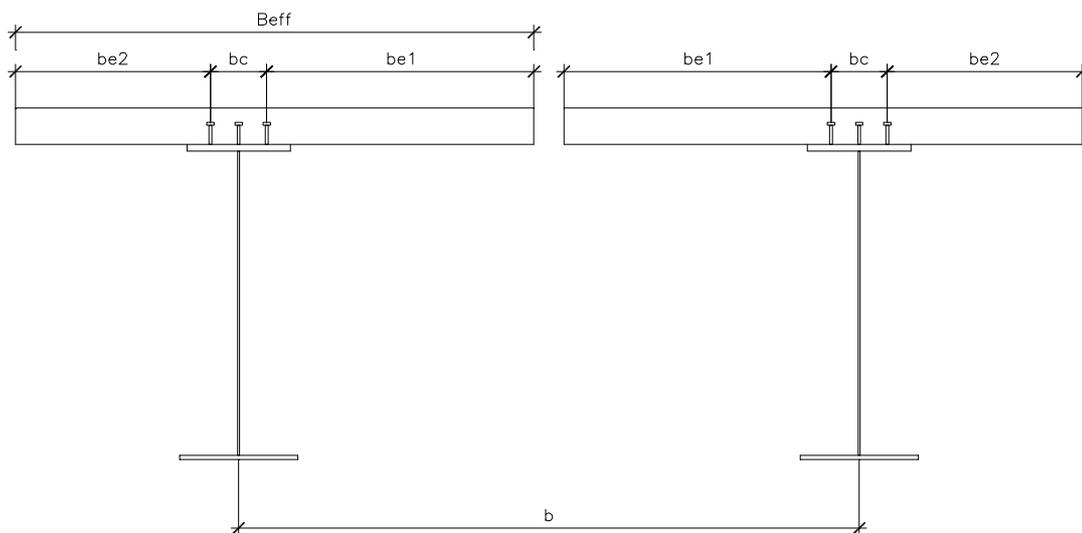
Sezione	Fase III				
	Area	Yg	Jx	Jy	J <sub>tors</sub>
	cm <sup>2</sup>	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>
C01	2 598	2 036	27 339 686	62 029 613	503 644
C02	2 571	1 928	24 083 666	62 029 606	503 615
C03	2 547	1 833	21 411 470	62 029 600	503 590
C04	2 527	1 750	19 228 081	62 029 594	503 567
C05	2 509	1 679	17 489 460	62 029 589	503 548
C06	2 495	1 620	16 125 471	62 029 585	503 533
C07	2 489	1 596	15 581 048	62 029 584	503 526
C08	2 694	1 496	18 689 191	62 295 764	507 709
C09	2 687	1 465	17 842 853	62 295 762	507 703
C10	2 683	1 446	17 352 793	62 295 761	507 700
C11	2 682	1 440	17 184 891	62 295 761	507 699

**10.3.1. LARGHEZZE EFFICACI**

Si calcola la larghezza collaborante della soletta da considerarsi nell'analisi della struttura secondo quanto prescrive la CNR 10016/85.

Dai prospetti 3.3.1, 3.3.2 e 3.3.3 si ricava che in funzione della luce della campata, interasse travi, luce dello sbalzo, larghezza impegnata direttamente dai connettori:

- $b_c =$  500 [mm] larghezza impegnata direttamente dai connettori
- $b_{e1-2} =$  aliquota di larghezza collaborante interna-esterna
- $L$  luce campata
- $b$  interasse travi
- $S_b$  luce sbalzo



**Campata**

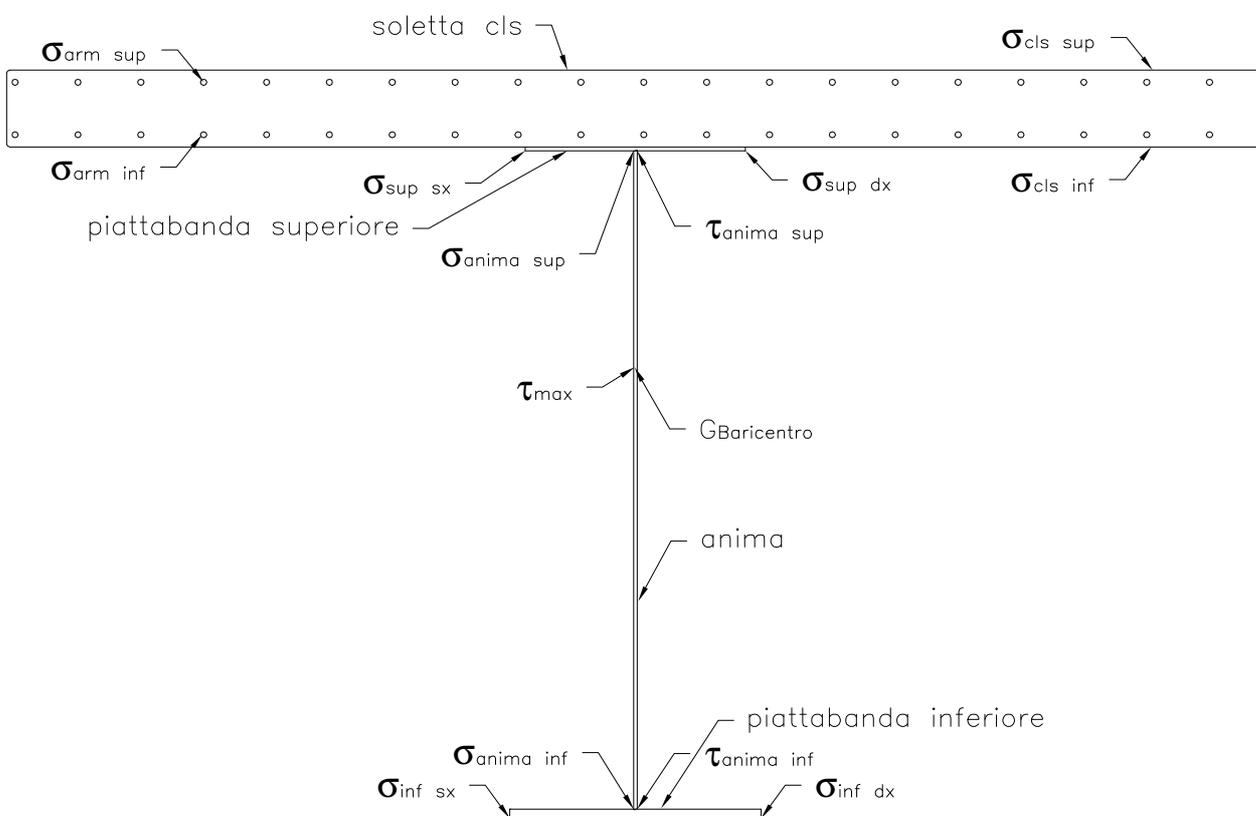
- $L$  42 [m] luce campata
- $b$  3.5 [m] interasse travi
- $S_b$  1.9 [m] luce sbalzo
- $B_{EFF}$  3.65 [m]

**11. RIASSUNTO DELLE PRINCIPALI VERIFICHE**

Per ogni tipo di verifica si riportano le condizioni più gravose riscontrate.

**11.1. ANALISI DELLO STATO TENSIONALE NELLA SEZIONE DELL'IMPALCATO**

Le tensioni  $\sigma$  e  $\tau$  sono calcolate nei punti più significativi della sezione, come indicato in figura



**Figura 5: Posizioni della trave dove sono calcolate le tensioni**

Vengono riportate di seguito le tabelle riassuntive delle principali tensioni e della combinazione dove si riscontrano.

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **47**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\tau_{MAX}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\tau_{MEDIO}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm <sup>2</sup> )
		max	min	max	min	max	min	max	min		
C01	1	10	-87	63	-12	-17	-67	-16	-64	121	95
C02	2	-12	-120	109	12	-15	-63	-14	-62	143	125
C03	3	-35	-154	156	35	-14	-60	-13	-59	167	161
C04	4	-58	-186	201	57	-11	-56	-10	-55	193	200
C05	5	-81	-217	245	78	-10	-51	-9	-51	217	238
C06	6	-101	-235	272	98	-9	-46	-8	-46	233	263
C07	7	-111	-248	292	106	-7	-43	-6	-43	244	280
C08	8	-98	-235	242	86	-4	-44	-3	-46	228	228
C09	9	-110	-249	260	95	2	-37	3	-38	239	243
C10	10	-119	-259	272	101	7	-30	8	-31	247	252
C11	11	-124	<b>-262</b>	276	105	15	-21	16	-23	<b>249</b>	256
C11	12	-124	<b>-262</b>	276	105	21	-15	23	-16	<b>249</b>	256
C10	13	-119	-259	272	102	30	-8	31	-8	247	252
C09	14	-110	-249	261	96	37	-2	38	-3	239	243
C08	15	-98	-235	242	86	44	4	46	3	228	228
C07	16	-111	-248	<b>292</b>	106	42	7	43	7	244	<b>281</b>
C06	17	-101	-235	273	98	45	9	46	8	233	263
C05	18	-81	-217	246	78	51	10	51	9	217	239
C04	19	-58	-187	202	57	55	11	55	11	192	200
C03	20	-35	-154	157	35	60	14	58	13	167	162
C02	21	-12	-120	110	12	63	15	62	14	142	126
C01	22	11	-87	63	-10	66	17	64	16	121	95
C01	23	9	-77	61	-10	-20	-70	-19	-68	118	97
C02	24	-13	-110	107	12	-14	-65	-13	-63	136	124
C03	25	-35	-142	151	34	-12	-62	-11	-61	160	158
C04	26	-58	-174	194	55	-6	-57	-5	-57	184	193
C05	27	-80	-205	235	77	-5	-55	-4	-55	208	228
C06	28	-100	-223	260	97	-2	-49	-1	-49	223	251
C07	29	-110	-236	279	106	1	-46	2	-46	234	267
C08	30	-98	-223	230	86	4	-51	5	-53	220	217
C09	31	-110	-238	248	96	12	-42	13	-44	230	231
C10	32	-119	-247	259	104	15	-37	17	-40	235	240
C11	33	-124	-250	262	108	23	-28	25	-30	238	243
C11	34	-124	-250	262	108	28	-23	30	-25	239	243
C10	35	-119	-247	259	104	37	-15	40	-17	235	240
C09	36	-110	-238	248	96	42	-12	44	-13	230	231
C08	37	-98	-223	230	86	51	-4	53	-5	220	217
C07	38	-110	-236	279	106	46	-1	46	-2	234	267
C06	39	-100	-223	260	97	49	2	49	1	223	251
C05	40	-80	-205	235	77	55	5	55	4	208	228
C04	41	-58	-175	194	55	57	6	57	5	183	193
C03	42	-35	-142	151	33	62	12	61	11	160	158
C02	43	-13	-110	107	11	<b>65</b>	14	63	13	136	124
C01	44	9	-77	62	-10	<b>70</b>	20	<b>68</b>	19	118	97
C01	45	9	-76	57	-9	-22	-61	-20	-59	109	88

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **48**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\sigma_{(inf)}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\tau_{MAX}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\tau_{MEDIO}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\sigma_{id(an.sup)}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{id(an.inf)}$ (N/mm <sup>2</sup> )
		max	min	max	min	max	min	max	min		
C02	46	-13	-108	98	12	-18	-58	-17	-56	130	115
C03	47	-35	-140	140	34	-16	-54	-15	-53	153	147
C04	48	-58	-172	181	56	-12	-51	-11	-50	178	181
C05	49	-80	-201	219	78	-10	-47	-9	-47	202	213
C06	50	-100	-219	243	98	-8	-42	-7	-42	218	234
C07	51	-110	-233	260	107	-6	-40	-5	-40	229	250
C08	52	-98	-219	215	86	-2	-42	-1	-43	214	202
C09	53	-110	-234	232	97	4	-35	5	-37	225	216
C10	54	-119	-243	242	105	9	-29	10	-30	231	224
C11	55	-124	-246	245	109	15	-21	16	-23	234	227
C11	56	-124	-246	245	109	21	-15	23	-16	234	227
C10	57	-119	-243	242	104	29	-9	30	-10	231	224
C09	58	-110	-234	232	97	35	-4	37	-5	225	216
C08	59	-98	-219	215	86	42	2	43	1	214	202
C07	60	-110	-233	261	107	40	6	40	5	229	250
C06	61	-100	-219	243	98	42	8	42	7	218	234
C05	62	-80	-201	219	78	47	10	47	9	202	213
C04	63	-58	-171	181	56	51	12	50	11	178	181
C03	64	-35	-140	140	34	54	16	53	15	153	147
C02	65	-13	-108	99	12	58	18	56	17	129	115
C01	66	9	-76	57	-9	61	22	59	20	109	88
C01	67	11	-85	55	-11	-17	-53	-16	-51	106	79
C02	68	-12	-117	93	12	-15	-50	-14	-49	129	105
C03	69	-35	-148	132	32	-14	-47	-13	-46	155	136
C04	70	-57	-179	170	54	-11	-44	-10	-43	181	168
C05	71	-79	-208	206	74	-10	-40	-9	-39	206	200
C06	72	-100	-226	228	93	-9	-35	-8	-35	222	220
C07	73	-109	-239	245	101	-8	-32	-7	-32	233	235
C08	74	-96	-224	202	80	-6	-33	-5	-34	217	190
C09	75	-108	-239	217	90	-2	-27	-2	-27	229	202
C10	76	-117	-247	227	97	1	-20	1	-21	236	210
C11	77	-122	-250	230	101	7	-13	7	-13	239	212
C11	78	-122	-250	230	101	13	-7	14	-7	239	212
C10	79	-117	-247	227	97	20	-1	21	-1	236	210
C09	80	-108	-239	217	90	27	2	27	2	229	202
C08	81	-96	-224	202	80	33	6	34	5	217	190
C07	82	-109	-239	245	100	32	8	32	7	233	235
C06	83	-100	-226	229	92	35	9	35	9	222	220
C05	84	-79	-208	206	74	40	10	39	9	206	200
C04	85	-57	-179	170	53	44	11	43	11	181	168
C03	86	-35	-148	132	32	47	14	46	13	155	136
C02	87	-12	-117	93	11	50	15	49	14	129	105
C01	88	10	-85	54	-10	53	17	51	16	106	79

**Tabella 2: Riassunto stato tensionale delle travi principali**

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **49**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

SEZ.	FR.	$\sigma_{(sup)} (N/mm^2)$		$\sigma_{(inf)} (N/mm^2)$		$\tau_{MAX} (N/mm^2)$		$\tau_{MEDIO} (N/mm^2)$		$\sigma_{id(an.sup)} (N/mm^2)$	$\sigma_{id(an.inf)} (N/mm^2)$
		max	min	max	min	max	min	max	min		
T1100	1	37	-36	45	-45	12	-12	10	-10	38	46
T1100	2	34	-33	33	-34	11	-11	9	-9	34	34
T1100	3	37	-37	45	-45	12	-12	10	-10	37	45
T1100-2	4	33	-28	32	-40	11	-9	9	-8	34	41
T1100-2	5	39	-21	30	-35	10	-7	9	-6	40	35
T1100-2	6	23	-24	17	-35	5	-9	5	-8	25	35
T1000	7	39	-33	40	-54	13	-10	11	-9	40	55
T1000	8	52	-21	39	-48	12	-8	11	-7	53	47
T1000	9	33	-27	19	-47	5	-11	5	-10	34	48
T1000	10	41	-34	41	-62	14	-10	12	-9	43	63
T1000	11	56	-19	39	-55	12	-8	11	-7	57	54
T1000	12	38	-28	19	-55	5	-12	4	-11	39	55
T1000	13	44	-33	39	-64	14	-9	13	-8	45	65
T1000	14	58	-17	38	-56	12	-8	11	-7	59	56
T1000	15	40	-28	18	-57	4	-12	4	-11	41	58
T1000	16	44	-33	39	-64	14	-9	13	-8	46	65
T1000	17	59	-16	38	-57	12	-8	11	-7	59	56
T1000	18	40	-28	17	-57	4	-13	4	-11	41	58
T1000	19	44	-33	39	-64	14	-9	13	-8	45	65
T1000	20	58	-17	38	-56	12	-8	11	-7	59	56
T1000	21	40	-28	18	-57	4	-12	4	-11	41	58
T1000	22	41	-34	41	-62	14	-10	12	-9	43	63
T1000	23	56	-19	39	-55	12	-8	11	-7	57	54
T1000	24	38	-28	19	-55	5	-12	4	-11	39	55
T1000	25	39	-33	40	-54	13	-10	11	-9	40	55
T1000	26	52	-21	39	-48	12	-8	11	-7	53	47
T1000	27	33	-27	19	-47	5	-11	5	-10	34	48
T1100-2	28	33	-28	32	-40	11	-9	9	-8	34	41
T1100-2	29	39	-21	30	-35	10	-7	9	-6	40	35
T1100-2	30	23	-24	17	-35	5	-9	5	-8	25	35
T1100	31	37	-36	45	-45	12	-12	10	-10	38	46
T1100	32	34	-33	33	-34	11	-11	9	-9	34	34
T1100	33	37	-37	45	-45	12	-12	10	-10	37	45

**Tabella 3: Riassunto stato tensionale dei traversi**

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **50**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

## 12. VERIFICHE AD INSTABILITÀ LOCALE PER IMBOZZAMENTO LATERALE DEI PANNELLI D'ANIMA DELLE TRAVI PRINCIPALI

Si esegue la verifica dell'imbozzamento dei pannelli d'anima, secondo la CNR – 10011/97 che impone la seguente condizione:

Rapporto d'imbozzamento 
$$\sigma_{cr,id} \geq \frac{\beta \cdot v}{\sigma_{id}}$$

- $\sigma_1$                     massima tensione di compressione sul pannello
- $\beta = 0.8$                 se il rapporto geometrico  $\alpha = a/h < 1.5$
- $\beta = 1.0$                 se il rapporto geometrico  $\alpha = a/h > 1.5$
- $v = 1.0$                 nel metodo agli stati limite qui adottato.

Nelle verifiche si assume il segno negativo per le tensioni di compressione.

		RI PANN1	
SEZ.	FR.	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta v$
C01	1	1.16	1
C02	2	1.10	1
C03	3	1.16	1
C04	4	1.53	1
C05	5	1.04	1
C06	6	1.06	1
C07	7	1.06	1
C08	8	1.24	1
C09	9	1.25	1
C10	10	1.25	1
C11	11	1.25	1
C11	12	1.25	1
C10	13	1.25	1
C09	14	1.25	1
C08	15	1.24	1
C07	16	1.05	1
C06	17	1.05	1
C05	18	1.03	1
C04	19	1.53	1
C03	20	1.15	1

		RI PANN1	
SEZ.	FR.	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta v$
C02	21	1.09	1
C01	22	1.16	1
C01	23	1.23	1
C02	24	1.21	1
C03	25	1.18	1
C04	26	1.18	1
C05	27	1.18	1
C06	28	1.21	1
C07	29	1.21	1
C08	30	1.02	1
C09	31	1.04	1
C10	32	1.06	1
C11	33	1.07	1
C11	34	1.07	1
C10	35	1.06	1
C09	36	1.04	1
C08	37	1.02	1
C07	38	1.21	1
C06	39	1.21	1
C05	40	1.17	1

		RI PANN1	
SEZ.	FR.	$\sigma_{cr,id}/\sigma_{id}$	$\beta v$
C04	41	1.18	1
C03	42	1.17	1
C02	43	1.20	1
C01	44	1.23	1
C01	45	1.34	1
C02	46	1.30	1
C03	47	1.37	1
C04	48	1.27	1
C05	49	1.28	1
C06	50	1.31	1
C07	51	1.31	1
C08	52	1.35	1
C09	53	1.35	1
C10	54	1.14	1
C11	55	1.34	1
C11	56	1.34	1
C10	57	1.14	1
C09	58	1.35	1
C08	59	1.35	1
C07	60	1.31	1

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **51**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

RI PANN1				RI PANN1				RI PANN1			
SEZ.	FR.	$\sigma_{cr.id}/\sigma_{id}$	$\beta_v$	SEZ.	FR.	$\sigma_{cr.id}/\sigma_{id}$	$\beta_v$	SEZ.	FR.	$\sigma_{cr.id}/\sigma_{id}$	$\beta_v$
C06	61	1.31	1	C05	71	1.51	1	C08	81	1.25	1
C05	62	1.28	1	C06	72	1.27	1	C07	82	1.27	1
C04	63	1.27	1	C07	73	1.27	1	C06	83	1.27	1
C03	64	1.37	1	C08	74	1.25	1	C05	84	1.51	1
C02	65	1.30	1	C09	75	1.26	1	C04	85	1.54	1
C01	66	1.34	1	C10	76	1.26	1	C03	86	1.54	1
C01	67	1.33	1	C11	77	1.26	1	C02	87	1.42	1
C02	68	1.42	1	C11	78	1.26	1	C01	88	1.33	1
C03	69	1.54	1	C10	79	1.26	1				
C04	70	1.54	1	C09	80	1.26	1				

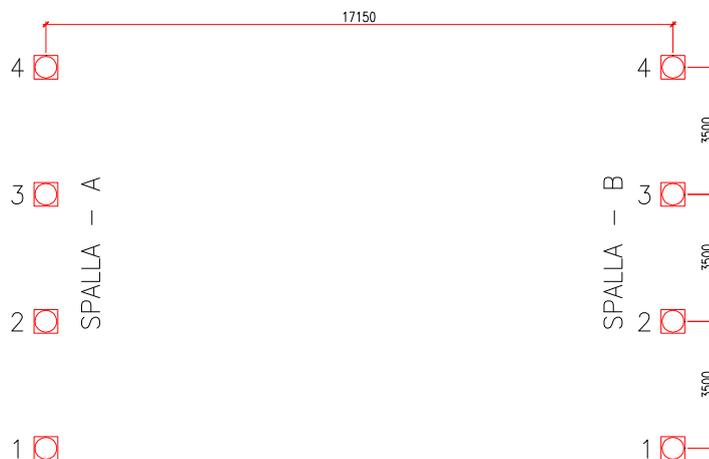
**Tabella 4: Riassunto del coefficiente d'instabilità dei pannelli d'anima delle travi principali**

RI PANN1				RI PANN1			
SEZ.	FR.	$\sigma_{cr.id}/\sigma_{id}$	$\beta_v$	SEZ.	FR.	$\sigma_{cr.id}/\sigma_{id}$	$\beta_v$
T1100	1	7.25	1	T1000	17	6.44	1.0
T1100	2	9.48	1.0	T1000	18	4.52	1.0
T1100	3	7.28	1.0	T1000	19	4.39	1.0
T1100-2	4	4.76	1.0	T1000	20	6.53	1.0
T1100-2	5	6.69	1.0	T1000	21	4.57	1.0
T1100-2	6	5.04	1.0	T1000	22	4.49	1.0
T1000	7	4.80	1.0	T1000	23	6.68	1.0
T1000	8	7.48	1.0	T1000	24	4.65	1.0
T1000	9	5.04	1.0	T1000	25	4.80	1.0
T1000	10	4.49	1.0	T1000	26	7.48	1.0
T1000	11	6.68	1.0	T1000	27	5.04	1.0
T1000	12	4.65	1.0	T1100-2	28	4.76	1.0
T1000	13	4.39	1.0	T1100-2	29	6.69	1.0
T1000	14	6.53	1.0	T1100-2	30	5.04	1.0
T1000	15	4.57	1.0	T1100	31	7.25	1.0
T1000	16	4.23	1.0	T1100	32	9.48	1.0
				T1100	33	7.28	1.0

**Tabella 5: Riassunto del coefficiente d'instabilità dei pannelli d'anima dei traversi**

# RELAZIONE DI CALCOLO

## 13. REAZIONI VINCOLARI



**Figura 6: Schema appoggi elastomerici**

Si riportano le reazioni vincolari corrispondenti ai singoli appoggi:

SPALLA	Appoggio	G1-a			G1-c			G2			E2		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
		kN			kN			kN			kN		
A	1	11	0	244	25	0	600	12	0	410	6	0	-34
	2	11	0	250	25	0	553	12	0	347	7	0	34
	3	11	0	250	25	0	553	12	0	347	7	0	34
	4	11	0	244	25	0	600	12	0	410	6	0	-34
B	1	-11	0	244	-25	0	600	-12.1	0	410	-6	0	-34
	2	-11	0	250	-25	0	553	-11.7	0	347	-7	0	34
	3	-11	0	250	-25	0	553	-11.7	0	347	-7	0	34
	4	-11	0	244	-25	0	600	-12.1	0	410	-6	0	-34

**Tabella 6: Reazioni vincolari dei pesi propri, dei carichi permanenti e del ritiro.**

SPALLA	Appoggio	E3 assoluta			E3 relativa			Q5-			Q5+			Q3		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
		kN			kN			kN			kN			kN		
A	1	19	5	-27	5	0	-27	0	31	20	0	-31	-18	-36	0	-2
	2	19	2	27	5	0	27	0	31	-3	0	-31	1	-38	0	-3
	3	19	-2	27	5	0	27	0	31	1	0	-31	-3	-38	0	-3
	4	19	-5	-27	5	0	-27	0	31	-18	0	-31	20	-36	0	-2
B	1	-19	5	-27	-5	0	-27	0	31	20	0	-31	-18	-36	0	2
	2	-19	2	27	-5	0	27	0	31	-3	0	-31	1	-38	0	3
	3	-19	-2	27	-5	0	27	0	31	1	0	-31	-3	-38	0	3
	4	-19	-5	-27	-5	0	-27	0	31	-18	0	-31	20	-36	0	2

**Tabella 7: Reazioni vincolari dei carichi termici, vento e frenamento.**

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **53**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

SPALLA	Appoggio		Q1_1-max				Q1_1-min		
			X	Y	Z		X	Y	Z
			kN				kN		
A	1	Max F1	21	0	630	Min F1	-1	0	138
	2	Max F1	16	0	480	Min F1	0	0	345
	3	Max F1	11	0	307	Min F1	0	0	133
	4	Max F1	8	0	244	Min F1	-3	0	-72
	1	Max F2	11	0	470	Min F2	13	0	300
	2	Max F2	10	0	530	Min F2	9	0	189
	3	Max F2	6	0	213	Min F2	7	0	233
	4	Max F2	4	0	86	Min F2	3	0	122
	1	Max F3	15	0	870	Min F3	-1	0	-24
	2	Max F3	11	0	1079	Min F3	0	0	-6
	3	Max F3	8	0	586	Min F3	0	0	-6
	4	Max F3	7	0	288	Min F3	-3	0	-90

B	1	Max F1	1	0	138	Min F1	-21	0	630
	2	Max F1	0	0	345	Min F1	-16	0	480
	3	Max F1	0	0	133	Min F1	-11	0	307
	4	Max F1	3	0	-72	Min F1	-8	0	244
	1	Max F2	-11	0	470	Min F2	-13	0	300
	2	Max F2	-10	0	530	Min F2	-9	0	189
	3	Max F2	-6	0	213	Min F2	-7	0	233
	4	Max F2	-4	0	86	Min F2	-3	0	122
	1	Max F3	-15	0	870	Min F3	1	0	-24
	2	Max F3	-11	0	1079	Min F3	0	0	-6
	3	Max F3	-8	0	586	Min F3	0	0	-6
	4	Max F3	-7	0	288	Min F3	3	0	-90

**Tabella 8: Reazioni vincolari dei carichi mobili configurazione Q1-1.**

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**

Pagina **54**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

SPALLA	Appoggio		Q1 2-max				Q1 2-min		
			X	Y	Z		X	Y	Z
			kN				kN		
A	1	Max F1	17	0	487	Max F1	-1	0	13
	2	Max F1	14	0	455	Max F1	0	0	346
	3	Max F1	12	0	353	Max F1	0	0	217
	4	Max F1	11	0	319	Max F1	-1	0	16
	1	Max F2	7	0	331	Max F2	10	0	222
	2	Max F2	9	0	481	Max F2	8	0	198
	3	Max F2	8	0	227	Max F2	8	0	312
	4	Max F2	6	0	156	Max F2	6	0	219
	1	Max F3	14	0	586	Min F3	-1	0	-32
	2	Max F3	10	0	1052	Min F3	0	0	-5
	3	Max F3	9	0	768	Min F3	0	0	-7
	4	Max F3	9	0	417	Min F3	-1	0	-36

B	1	Max F1	1	0	13	Max F1	-17	0	487
	2	Max F1	0	0	346	Max F1	-14	0	455
	3	Max F1	0	0	217	Max F1	-12	0	353
	4	Max F1	1	0	16	Max F1	-11	0	319
	1	Max F2	-7	0	331	Min F2	-10	0	222
	2	Max F2	-9	0	481	Min F2	-8	0	198
	3	Max F2	-8	0	227	Min F2	-8	0	312
	4	Max F2	-6	0	156	Min F2	-6	0	219
	1	Max F3	-14	0	586	Min F3	1	0	-32
	2	Max F3	-10	0	1052	Min F3	0	0	-5
	3	Max F3	-9	0	768	Min F3	0	0	-7
	4	Max F3	-9	0	417	Min F3	1	0	-36

**Tabella 9: Reazioni vincolari dei carichi mobili configurazione Q1-2.**

## RELAZIONE DI CALCOLO

 Pagine **60**

 Pagina **55**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

SPALLA	Appoggio		Q1_3-max				Q1_3-min		
			X	Y	Z		X	Y	Z
			kN				kN		
A	1	Max F1	17	0	472	Min F1	-1	0	82
	2	Max F1	15	0	453	Min F1	0	0	365
	3	Max F1	12	0	372	Min F1	0	0	182
	4	Max F1	11	0	306	Min F1	-1	0	-28
	1	Max F2	8	0	369	Min F2	10	0	217
	2	Max F2	9	0	496	Min F2	8	0	199
	3	Max F2	7	0	227	Min F2	8	0	309
	4	Max F2	6	0	144	Min F2	5	0	184
	1	Max F3	13	0	643	Min F3	0	0	-19
	2	Max F3	9	0	1082	Min F3	0	0	-6
	3	Max F3	9	0	728	Min F3	0	0	-6
	4	Max F3	10	0	350	Min F3	-1	0	-39

B	1	Max F1	1	0	82	Min F1	-17	0	472
	2	Max F2	0	0	365	Min F2	-15	0	453
	3	Max F3	0	0	182	Min F3	-12	0	372
	4	Max F1	1	0	-28	Min F1	-11	0	306
	1	Max F2	-8	0	369	Min F2	-10	0	217
	2	Max F2	-9	0	496	Min F2	-8	0	199
	3	Max F2	-7	0	227	Min F2	-8	0	309
	4	Max F2	-6	0	144	Min F2	-5	0	184
	1	Max F3	-13	0	643	Min F3	0	0	-19
	2	Max F3	-9	0	1082	Min F3	0	0	-6
	3	Max F3	-9	0	728	Min F3	0	0	-6
	4	Max F3	-10	0	350	Min F3	1	0	-39

**Tabella 10: Reazioni vincolari dei carichi mobili configurazione Q1-3.**

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60** Pagina **56**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

SPALLA	Appoggio	Ex-SLD			Ey-SLD			Ez-SLD		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
		kN			kN			kN		
A	1	130	0	17	1	118	121	0	0	9
	2	126	0	14	0	118	3	0	0	9
	3	126	0	14	0	118	3	0	0	9
	4	129	0	17	1	118	121	0	0	10
B	1	130	0	17	1	118	121	0	0	9
	2	126	0	14	0	118	3	0	0	9
	3	126	0	14	0	118	3	0	0	9
	4	129	0	17	1	118	121	0	0	10

**Tabella 11: Reazioni vincolari per l'azione sismica allo stato limite di Danno.**

SPALLA	Appoggio	Ex-SLV			Ey-SLV			Ez-SLV		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
		kN			kN			kN		
A	1	299	0	40	2	272	279	1	0	26
	2	291	0	32	1	272	7	1	0	25
	3	291	0	31	1	272	7	1	0	25
	4	298	0	40	2	272	279	1	0	27
B	1	299	0	40	2	272	279	1	0	26
	2	291	0	32	1	272	7	1	0	25
	3	291	0	31	1	272	7	1	0	25
	4	298	0	40	2	272	279	1	0	27

**Tabella 12: Reazioni vincolari per l'azione sismica allo stato limite di salvaguardia della Vita.**

SPALLA	Appoggio	Ex-SLC			Ey-SLC			Ez-SLC		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
		kN			kN			kN		
A	1	375	0	50	3	341	350	1	0	30
	2	365	0	40	1	342	9	1	0	31
	3	364	0	39	1	342	8	1	0	34
	4	374	0	50	3	341	350	1	0	39
B	1	375	0	50	3	341	350	1	0	30
	2	365	0	40	1	342	9	1	0	31
	3	364	0	39	1	342	8	1	0	34
	4	374	0	50	3	341	350	1	0	39

**Tabella 13: Reazioni vincolari per l'azione sismica allo stato limite di Collasso.**

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **57**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

Si riportano i valori di massima e minima reazione vincolare in riferimento alle combinazioni dei carichi precedentemente indicate relativi agli SLU:

## SPALLA – A

enveMAX	X	Y	Z
1	146	49	2 925
2	148	47	3 093
3	146	47	2 669
4	142	50	2 312
enveMIN			
1	-17	-50	1 114
2	-23	-47	1 078
3	-23	-47	1 078
4	-18	-49	1 036

**Tabella 14: Involuppo massime e minime Reazioni vincolari spalla A allo SLU.**

## SPALLA – B

enveMAX	X	Y	Z
1	17	49	2 925
2	23	47	3 093
3	23	47	2 669
4	18	50	2 312
enveMIN			
1	-146	-50	1 114
2	-148	-47	1 078
3	-146	-47	1 078
4	-142	-49	1 036

**Tabella 15: Involuppo massime e minime Reazioni vincolari spalla B allo SLU.**

Gli apparecchi d'appoggio individuati risultano verificati in quanto a catalogo (Tensacciai TDRI-600-HM-125) hanno un carico massimo verticale ammissibile per sollecitazioni statiche allo Stato limite ultimo pari a 6250 kN.

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **58**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

Si riportano i valori di massima e minima reazione vincolare in riferimento alle combinazioni sismiche dei carichi precedentemente indicate relativi agli Stati Limite di Danno:

### SPALLA – A

enveMAX	Z	orizzontale
1	1 523	192
2	1 417	187
3	1 354	186
4	1 432	189
enveMIN		
1	1 084	38
2	1 164	39
3	1 164	39
4	1 072	38

**Tabella 16: Inviluppo massime e minime Reazioni vincolari spalla A allo SLD.**

### SPALLA – B

enveMAX	Z	orizzontale
1	1 523	119
2	1 417	119
3	1 354	119
4	1 432	119
enveMIN		
1	1 084	103
2	1 164	101
3	1 164	101
4	1 072	101

**Tabella 17: Inviluppo massime e minime Reazioni vincolari spalla B allo SLD.**

# RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **59**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

Si riportano i valori di massima e minima reazione vincolare in riferimento alle combinazioni sismiche dei carichi precedentemente indicate relativi agli Stati Limite di salvaguardia della Vita:

## SPALLA – A

enveMAX	Z	orizzontale
1	1 693	368
2	1 441	358
3	1 378	357
4	1 602	365
enveMIN		
1	914	90
2	1 141	89
3	1 141	89
4	902	90

**Tabella 18: Involuppo massime e minime Reazioni vincolari spalla A allo SLV.**

## SPALLA – B

enveMAX	Z	orizzontale
1	1 693	274
2	1 441	275
3	1 378	275
4	1 602	275
enveMIN		
1	914	169
2	1 141	167
3	1 141	166
4	902	168

**Tabella 19: Involuppo massime e minime Reazioni vincolari spalla B allo SLV.**

## RELAZIONE DI CALCOLO

Pagine **60**Pagina **60**

Rev. n° 0 Date 18.05.2018

Si riportano i valori di massima e minima reazione vincolare in riferimento alle combinazioni sismiche dei carichi precedentemente indicate relativi agli Stati Limite di Collasso:

### SPALLA – A

enveMAX	Z	orizzontale
1	1 768	446
2	1 451	435
3	1 388	433
4	1 680	443
enveMIN		
1	839	119
2	1 130	117
3	1 130	117
4	825	119

**Tabella 20: Inviluppo massime e minime Reazioni vincolari spalla A allo SLC.**

### SPALLA – B

enveMAX	Z	orizzontale
1	1 768	346
2	1 451	347
3	1 389	347
4	1 680	346
enveMIN		
1	839	200
2	1 130	196
3	1 130	196
4	824	198

**Tabella 21: Inviluppo massime e minime Reazioni vincolari spalla B allo SLC.**

Gli apparecchi d'appoggio individuati risultano verificati in quanto a catalogo (Tensacciai TDRI-600-HM-125) hanno, per sollecitazioni sismiche, il carico massimo verticale ammissibile pari a 3 900 kN ed il carico massimo orizzontale pari a 450 kN