

**ITINERARIO INTERNAZIONALE E78  
S.G.C. GROSSETO - FANO  
ADEGUAMENTO A 4 CORSIE  
NEL TRATTO GROSSETO - SIENA (S.S. 223 "DI PAGANICO")  
DAL KM 41+600 AL KM 53+400 - LOTTO 9**

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **FI15**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Federico Durastanti  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**IL R.U.P.**

Dott. Ing.  
Raffaele Franco Carso

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



Dott. Ing. N. Granieri  
Dott. Arch. N. Kamenicky  
Dott. Ing. V. Truffini  
Dott. Arch. A. Bracchini  
Dott. Ing. F. Durastanti  
Dott. Ing. E. Bartolucci  
Dott. Geol. G. Cerquiglini  
Geom. S. Scopetta  
Dott. Ing. L. Sbrenna  
Dott. Ing. E. Sellari  
Dott. Ing. L. Dinelli  
Dott. Ing. L. Nani  
Dott. Ing. F. Pambianco  
Dott. Agr. F. Berti Nulli

Dott. Ing. D. Carlacchini  
Dott. Ing. S. Sacconi  
Dott. Ing. A. Rea  
Dott. Ing. V. De Gori  
Dott. Ing. C. Consorti  
Geom. F. Dominici

Dott. Ing. V. Rotisciani  
Dott. Ing. F. Macchioni  
Geom. C. Vischini  
Dott. Ing. V. Piunno  
Dott. Ing. G. Pulli  
Geom. C. Sugaroni



**VIADOTTI  
VIADOTTO SUL FIUME MERSE SX  
Relazione di calcolo dell'impalcato**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

**L O F I 1 5   E   1 9 0 1**

**T 0 0 V I 0 3 S T R R E 0 1**

**A**

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
<b>A</b>	Emissione	28/02/2020	M. Botta	E. Bartolucci	N. Granieri

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>CLASSE DI ESECUZIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Scelta della classe di esecuzione .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Classe di rischio connessa all'utilizzo della struttura (categorie di servizio).....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Determinazione della classe di esecuzione .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>GRADO DI PREPARAZIONE .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>15</b>
<b>6.1</b>	<b>CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI .....</b>	<b>15</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Pesi propri (<math>g_1</math>).....</b>	<b>16</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Permanenti portati (<math>g_2</math>) .....</b>	<b>17</b>
<b>6.1.3</b>	<b>Variazioni termiche (<math>\epsilon_3</math>) .....</b>	<b>17</b>
<b>6.1.4</b>	<b>Carichi accidentali mobili (<math>q_1</math>).....</b>	<b>17</b>
<b>6.1.5</b>	<b>Azione longitudinale di frenamento (<math>q_3</math>).....</b>	<b>18</b>
<b>6.1.6</b>	<b>Azione centrifuga (<math>q_4</math>) .....</b>	<b>19</b>
<b>6.1.7</b>	<b>Azione del vento (<math>q_5</math>).....</b>	<b>19</b>
<b>6.1.8</b>	<b>Resistenze parassite dei vincoli (<math>q_7</math>).....</b>	<b>23</b>
<b>6.1.9</b>	<b>Azioni sismiche (<math>q_6</math>) .....</b>	<b>23</b>

6.2	COMBINAZIONI DI CARICO .....	34
<b>7</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO .....</b>	<b>36</b>
7.1	METODO DI VERIFICA.....	36
7.2	SOFTWARE DI CALCOLO E MODELLAZIONE NUMERICA .....	36
<b>8</b>	<b>SOLLECITAZIONI IMPALCATO.....</b>	<b>37</b>
8.1	SOLLECITAZIONI 1 <sup>A</sup> FASE .....	37
8.2	SOLLECITAZIONI 2 <sup>A</sup> FASE .....	38
<b>9</b>	<b>VERIFICHE DELLE TRAVI DI IMPALCATO.....</b>	<b>42</b>
9.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI.....	43
9.1.1	Valutazione della larghezza collaborante della soletta .....	43
9.1.2	Caratteristiche geometriche delle sezioni d'acciaio.....	45
9.1.3	Caratteristiche meccaniche delle travi.....	49
9.2	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI.....	59
9.3	VERIFICHE 1 <sup>A</sup> FASE.....	63
9.4	VERIFICHE 2 <sup>A</sup> FASE (TEMPO T <sub>0</sub> ) .....	65
9.5	VERIFICHE 2 <sup>A</sup> FASE (TEMPO T <sub>∞</sub> ).....	67
9.6	VERIFICHE DI INSTABILITÀ .....	69
9.6.1	Verifiche di instabilità presso – torsionali .....	74
<b>10</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI SECONDARI.....</b>	<b>76</b>
10.1	TRASVERSO PILA .....	76
10.2	TRASVERSO SPALLA .....	78
10.3	TRASVERSO DI CAMPATA .....	80

<b>11 VERIFICHE A FATICA .....</b>	<b>82</b>
11.1 MODELLO DI CARICO A FATICA.....	82
11.2 COEFFICIENTE DI SICUREZZA .....	82
11.3 VERIFICA DEI DETTAGLI DI FATICA.....	83
<b>12 VERIFICA DELLE PIOLATURE .....</b>	<b>97</b>
<b>13 VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI .....</b>	<b>99</b>
13.1 UNIONE DI CONTINUITÀ TRASVERSO PILA .....	99
13.2 UNIONE DI CONTINUITÀ TRASVERSO SPALLA.....	100
13.3 UNIONE DI CONTINUITÀ TRASVERSO CAMPATA .....	102
13.4 VERIFICA NODI CONTROVENTI ORIZZONTALI .....	103
13.5 VERIFICA COLLEGAMENTO SALDATO A CORDONE D’ANGOLO.....	106
13.5.1 Trasverso pila .....	106
13.5.2 Trasverso spalla.....	107
13.5.3 Trasverso campata.....	107
<b>14 SOLETTA DI IMPALCATO .....</b>	<b>108</b>
14.1 ANALISI DEI CARICHI DELLA SOLETTA.....	108
14.2 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI .....	108
14.3 VERIFICA DELLA SOLETTA .....	110
14.3.1 Armatura di appoggio (Sezione 1) .....	110
14.3.2 Armatura di campata (Sezione 1).....	114
14.3.3 Armatura d’infittimento (Sezione 2).....	117
14.4 VERIFICA PREDALLE IN FASE DI GETTO.....	121

<b>15 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ .....</b>	<b>125</b>
<b>16 ANALISI SISMICA .....</b>	<b>130</b>
<b>16.1 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO.....</b>	<b>132</b>
<b>16.2 ANALISI DEI RISULTATI: SISMA SLC .....</b>	<b>133</b>
<b>16.3 ANALISI DEI RISULTATI: SISMA SLV .....</b>	<b>134</b>
<b>16.4 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DEGLI ISOLATORI .....</b>	<b>135</b>
<b>16.5 VERIFICA DEI GIUNTI.....</b>	<b>135</b>

## **1 PREMESSA**

Il presente documento viene emesso nell’ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione esecutiva dell’ampliamento da 2 a 4 corsie dell’Itinerario internazionale E78 S.G.C. Grosseto – Fano, Lotto 9.

Oggetto della presente relazione sono le analisi e le verifiche strutturali dell’impalcato metallico sinistro del viadotto VI02, denominato “Viadotto sul fiume Merse”.

Le strutture sono progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

## 2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il viadotto VI02 ha uno sviluppo di 175m in asse appoggi ed è composto da 4 campate di 30-40-60-45m.

L’impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo, è costituito da 2 travi in acciaio con sezione a doppio T a sezione variabile, con altezza massima sulle pile centrali pari a 2.8m e altezza minima pari a 2.2m alle estremità. Le travi metalliche sono poste ad un interasse di 6.0m.

Lo schema statico adottato è quello di trave continua. La larghezza trasversale dell’impalcato è variabile lungo l’asse, data la non perfetta linearità dell’asse stesso e la presenza di allargamenti della carreggiata, ed è al minimo pari a circa 11.71 m, con una fascia centrale pavimentata e due cordoli laterali di larghezza pari a 0.78 m e spessore di 0.17 m. La soletta ha uno spessore costante pari a 30cm.

Si rimanda agli elaborati grafici per l’ottenimento di dettagli ulteriori.

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le vigenti disposizioni legislative e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-1-1971 n° 1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.



### 3.1 CLASSE DI ESECUZIONE

La UNI EN 1090 Introduce il concetto di “Execution Class” in termini di requisiti specificati, classificati per l'esecuzione di un'opera nel suo complesso, di un singolo componente o di un dettaglio di un componente. La classe di esecuzione seleziona e specifica il livello di qualità appropriato riguardo alla sicurezza che quel componente avrà nell'opera di costruzione. La scelta della classe di esecuzione dovrebbe prendere in considerazione il tipo di materiale utilizzato, l'affidabilità data dalla classe di conseguenza (CC) e i rischi potenziali dati dalla:

- Categoria di servizio, legata al rischio dell'installazione/utilizzo (SC);
- Categoria di produzione, legata alla complessità di esecuzione (PC).

#### 3.1.1 Scelta della classe di esecuzione

Nell'Eurocodice 0 EN 1990 “Criteri generali di progettazione” all'appendice B Tabella B1 “differenziazione dell'affidabilità strutturale per le costruzioni” sono riportate le classi di conseguenza in caso di malfunzionamento della struttura, definite in base all'impatto sulla popolazione, ambiente, vite umane, sociali.

CLASSE DI CONSEGUENZA (CCi)	DESCRIZIONE	ESEMPI
CC3	Gravi conseguenze per perdite di vite umane, economiche o sociali. Oppure gravi conseguenze per l'ambiente.	Tribune coperte, edifici pubblici, ove le conseguenze di errori sono alte (Esempio: sale di concerti).
CC2	Conseguenze di media entità per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure considerevoli conseguenze per l'ambiente.	Costruzioni residenziali oppure per uffici, uffici pubblici ove le conseguenze in caso di fallimento sono medie (Costruzioni di uffici).
CC1	Lievi conseguenze per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure basse o trascurabili conseguenze per l'ambiente.	Costruzioni agricole dove le persone normalmente non entrano (esempio: Magazzini, serre).

#### 3.1.2 Classe di rischio connessa all'utilizzo della struttura (categorie di servizio)

È necessario tener conto che in una struttura possono essere contenuti componenti strutturali di entrambe le classi di rischio. In questo caso, al fine di una corretta determinazione della classe di esecuzione dell'opera la scelta cadrà sulla classe di servizio maggiormente restrittiva.

CATEGORIA DI SERVIZIO (SC)	DEFINITE IN BASE ALLE SOLLECITAZIONI PREVISTE (dinamiche / statiche)
SC1	Strutture e componenti progettati per azioni quasi-statiche (Esempio: Edifici) Strutture e componenti per connessioni progettate per resistere ad azioni simiche in regioni a bassa intensità sismica e DCL Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da gru (Classe S0)
SC2	Strutture e componenti progettati per azioni a fatica in accordo con EN 1993 (Esempio: ponti ferroviari e stradali, gru (da S1 a S9), strutture suscettibili a vibrazioni determinate dall'azione del vento, gru oppure macchine con funzione rotazionale) Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per azioni sismiche in regioni con medio ed alto rischio sismico e in DCM e DCH
Legenda: DCL: Comportamento strutturale poco dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1) DCM: Comportamento strutturale mediamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1) DCH: Comportamento strutturale altamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1)	

Classe di conseguenza SC<sub>i</sub> (i = 1,2)

SC1 = sollecitazione statica

SC2 = sollecitazione dinamica a fatica

Classe di rischio connessa alla difficoltà nell'esecuzione della struttura (categorie di produzione).

CATEGORIA DI PRODUZIONE (PC)	DEFINITE IN BASE ALLE TECNOLOGIE PRODUTTIVE
PC1	Componenti non saldati e realizzati con qualunque grado di acciaio Componenti saldati realizzati con acciaio di grado inferiore a S355
PC2	Componenti saldati realizzati con acciaio di grado S355 e superiore Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati tramite saldatura sulla costruzione in situ Componenti con formatura a caldo oppure che abbiano ricevuto un trattamento termico durante la produzione Componenti di tralicci CHS che richiedono tagli e profilature

Classe di produzione PC<sub>i</sub> (i = 1,2)

PC1 = no saldature e acciai con grado < S355

PC2 = componenti saldati e acciaio con grado ≥ S355

### 3.1.3 Determinazione della classe di esecuzione

Selezionare la Classe di Conseguenza (CC<sub>i</sub>; i=1,2,3) espressa in termini di perdita di vite umane, di conseguenze economiche, sociali ed ambientali (vedere EN 1990).  
Selezionare la Categoria di Servizio e la Categoria di Produzione.

Determinare quindi la Classe di Esecuzione come risultato delle due operazioni precedenti, secondo quanto previsto nella tabella seguente (TAB B3 della EN1090-2).

Tabella di determinazione della classe di esecuzione							
Classi di conseguenza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4
La classe di esecuzione EXC4 deve essere scelta in caso di strutture con estreme conseguenze determinate dal cedimento della struttura, in base a disposizioni legislative.							

Per la struttura in oggetto si assume una classe di conseguenza CC3, una categoria di servizio SC2 e una categoria di produzione PC2 pertanto la struttura va realizzata in classe di esecuzione EXC4.

### 3.2 GRADO DI PREPARAZIONE

La normativa ISO 8501-3:2008 illustra i criteri di fabbricazione da attuare a seconda della classe di corrosività ambientale di riferimento al luogo di installazione dell'opera. Tali criteri sono suddivisi in 3 gradi di preparazione superficiale:

- P1 preparazione base
- P2 preparazione accurata
- P3 preparazione molto approfondita.

Gli aspetti principali che corrispondono ai 3 gradi di preparazione riguardano: il livello di finitura superficiale delle saldature, le smussature degli spigoli più o meno accentuata, diversi gradi di rimozione della superficie dei bordi da taglio termico, lo stato superficiale dell'acciaio in genere.

Per la struttura in oggetto si prescrive una classe di preparazione P3.

#### 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.17 gennaio 2018. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

Calcestruzzo per getto in opera solette in CA C35/45

Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	=	45.0	N/mm <sup>2</sup>
Rapporto A/C		<	0.50	
Cemento per mc di impasto		=	320	Kg
Classe di esposizione			XC4+XD1	
Copriferro			50	mm

Calcestruzzo per lastre prefabbricate

Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	=	50.0	N/mm <sup>2</sup>
Rapporto A/C		<	0.50	
Cemento per mc di impasto		=	340	Kg
Classe di esposizione			XC3+XD1	
Copriferro			35 mm	

Acciaio per armatura B450C

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	≥	450	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di calcolo	$f_{yd}$	≥	391.3	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	210000	N/mm <sup>2</sup>

Acciaio per carpenteria metallica S355

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	≥	355	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di calcolo	$f_{yd}$	≥	510	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	$E_s$	=	210000	N/mm <sup>2</sup>

-Elementi saldati in acciaio con sp. ≤ 20mm S355J0W

-Elementi saldati in acciaio con 20mm < sp. ≤ 40mm S355J2W

-Elementi saldati in acciaio con sp. > 40mm S355K2W N

-Elementi non saldati, angolari e piastre sciolte, S355J0W

-Imbottiture con sp. < 3mm (S355J0W)

La tensione di snervamento nelle prove meccaniche nonché il CEV nell'analisi chimica dovranno essere nei limiti della UNI EN 10025.

Le tolleranze dimensionali per lamiere e profilati dovranno rispettare i limiti prescritti dalla UNI EN 10029 con classe di tolleranza minima A.

BULLONI CLASSE 10.9

NOTE E PRESCRIZIONI

Secondo DM 17.01.2018 e UNI EN 14399-1

I bulloni ad alta resistenza della classe 10.9, precaricati con serraggio controllato, per giunzioni ad attrito devono essere conformi alla norma armonizzata UNI EN 13499-1 e recare la marchiatura CE. Al p.to 4.3 la norma armonizzata UNI EN 13499-1 prescrive che viti, dadi e rondelle siano forniti dal medesimo produttore. La coppia di serraggio per i bulloni delle giunzioni ad attrito è quella indicata sulle targhette confezioni dei bulloni. Nel caso che la coppia di serraggio non sia riportata sulle targhette delle confezioni, ma compaia il solo fattore k secondo la classe funzionale, la coppia di serraggio è pari a:

$$M = k \cdot d \cdot F_p, C = k \cdot d \cdot 0,7 \cdot A_{res} \cdot f_{tb}$$

dove:

- d è il diametro nominale della vite;
- Ares è l'area resistente della vite;
- ftb è la resistenza a ultima a trazione del bullone.

- Controventi orizzontali:

Giunzioni di categoria A secondo EN 1993-1-8 par.3.4. (giunzioni a taglio)

Bulloni conformi per caratteristiche dimensionali alle norme

UNI EN ISO 4016 2002 e UNI 5592 1968

Classi di resistenza secondo norma UNI EN ISO 898-1 2001

- Trasversi-Travi principali:

Assieme vite-dado sistema HRC conforme a EN 14399-10.

Giunzioni di categoria B secondo EN 1993-1-8 par.3.4. (giunzioni ad attrito allo SLE a serraggio controllato/calibrato)

Preparazione delle superfici: classe di rugosità C (EN 1090-2, tab18).

- Pioli con testa tipo “Nelson”

Acciaio tipo S235J2+C450 secondo EN ISO 13918 avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione di snervamento  $f_{yk} \geq 350$  Mpa
- tensione di rottura a trazione  $f_u \geq 450$  Mpa

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riportano di seguito i parametri di resistenza e deformabilità dei terreni attraversati in accordo con la caratterizzazione geotecnica.

Unità geotecniche		Unità geologiche		g	c'	$\phi'$	z	$c_u$	E'	OCR
				[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[m da p.c.]	[kPa]	[MPa]	[-]
A	Sabbia e ghiaia	at, at2, at3	alluvioni fluviali terrazzate recenti e antiche	19.5	10÷20	25÷27	0÷2	-	5÷20	-
							>2		25÷50	
B	Argilliti	Pb	Argille a Palombini	20	10÷25	28÷30	0÷20	150÷250	50÷120	3÷5
							>20	100÷200	100÷220	1.5÷3
C	Calcere/Ghiaia	CV	Calcere Cavernoso	21	10÷15	34÷35	0÷10	-	40÷80	-
							>10		60÷120	
D	Breccia/Ghiaia	CM	Brecce di Grotti	19	0	35÷37	0÷20	-	50÷100	-
							>20		100÷200	
E	Argille/Limi	dl, Pa, Ps	Depositi lacustri, argille e sabbie plioceniche	19.5	10÷30	23÷25	0÷20	100÷200	40÷80	3÷5
							>20		80÷120	1.5÷3

Tabella 1: Caratterizzazione geotecnica

La quota di falda è stata posta a -3.50 m dal p.c.

## 6 ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Le azioni agenti per le condizioni di carico elementari sono di seguito indicate:

#### AZIONI PERMANENTI

- g<sub>1</sub> peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali;
- g<sub>2</sub> carichi permanenti portati;

#### AZIONI VARIABILI

- Q<sub>ik</sub>, q<sub>ik</sub> azioni variabili da traffico (compreso effetto dinamico);
- q<sub>3</sub> azione longitudinale di frenamento;
- q<sub>4</sub> azione centrifuga;

#### AZIONI CLIMATICHE

- q<sub>5</sub> azione del vento

#### AZIONI SISMICHE

- q<sub>6</sub> azione sismica

#### AZIONI DEI VINCOLI

- q<sub>7</sub> resistenze parassite dei vincoli

#### TEMPERATURA

- ε<sub>3</sub> temperatura



### 6.1.1 Pesì propri ( $g_1$ )

Nei carichi permanenti strutturali sono compresi il peso proprio della pila ed i carichi permanenti strutturali trasmessi dall'impalcato. Si adotta un peso per unità di volume del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

#### Carpenteria metallica

##### Trave Principale (dimensioni medie)

Peso per unità di lunghezza 10.36 kN/m

##### Trasverso intermedio

Peso per unità di lunghezza 3.14 kN/m

Lunghezza 5.00 m

Peso elemento 15.70 kN/m

N° Trasversi intermedi 31

##### Trasverso estremità

Peso per unità di lunghezza 3.67 kN/m

Lunghezza 5.00 m

Peso elemento 18.37 kN/m

N° Trasversi estremità 5

##### Controventi

Peso per unità di lunghezza di impalcato 0.30 kN/m

Peso per unità di lunghezza di trave 0.15 kN/m

#### Soletta

Spessore 0.30 m

Largezza impalcato 11.95 m

Peso per unità di lunghezza di impalcato 89.63 kN/m

Peso per unità di lunghezza di trave 44.81 kN/m

### 6.1.2 Permanenti portati ( $g_2$ )

La determinazione dei carichi permanenti portati è stata effettuata assumendo convenzionalmente un peso specifico di  $18,0 \text{ kN/m}^3$  per la pavimentazione,  $1,25 \text{ kN/m}$  per la veletta e  $4,0 \text{ kN/m}$  per i sicurvia. Si considera inoltre il peso di una tubazione  $\varnothing 400$  piena d'acqua, a carico di una delle due travi principali di impalcato.

#### Carichi permanenti

##### Marciapiede SX

Larghezza	0.78 m
Altezza	0.17 m
Peso per unità di lunghezza di impalcato	3.31 kN/m

##### Marciapiede DX

Larghezza	0.78 m
Altezza	0.17 m
Peso per unità di lunghezza di impalcato	3.31 kN/m

##### Pavimentazione stradale

Larghezza carreggiata	10.39 m
Spessore pavimentazione	0.11 m
Peso pavimentazione	18.00 kN/mc
Peso per unità di lunghezza di impalcato	1.98 kN/m
Peso per unità di lunghezza di impalcato	20.57 kN/m

Veletta ( $1.55 \text{ kN/m}$ )	1.25 kN/m
Ringhiera Parapetto ( $0.5 \text{ kN/m}$ )	0.00 kN/m
Barriera ( $1.00 \text{ kN/m}$ )	4.00 kN/m

<b>Carichi permanenti totali</b>	<b>32.45 kN/m</b>
<b>Carichi permanenti totali per trave</b>	<b>16.23 kN/m</b>

### 6.1.3 Variazioni termiche ( $\epsilon_3$ )

Si considera una variazione termica uniforme pari a  $\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ , sugli elementi della struttura in elevazione.

### 6.1.4 Carichi accidentali mobili ( $q_1$ )

Le spalle sono state progettate considerando le massime sollecitazioni dovute al carico stradale trasmesse dall'impalcato. I carichi mobili presi in considerazione sono quelli indicati dalla normativa per ponti di prima categoria. Sono definiti dagli schemi di carico convenzionali rappresentati nelle figure seguenti e disposti su corsie

convenzionali. Il numero di colonne di carichi mobili considerate nel calcolo è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3.00m.

In accordo con la normativa sui ponti stradali (paragrafo 5.1.3.3.5 delle NTC18), si considera sulla sede stradale l'azione da traffico dello schema di carico riportato di seguito:

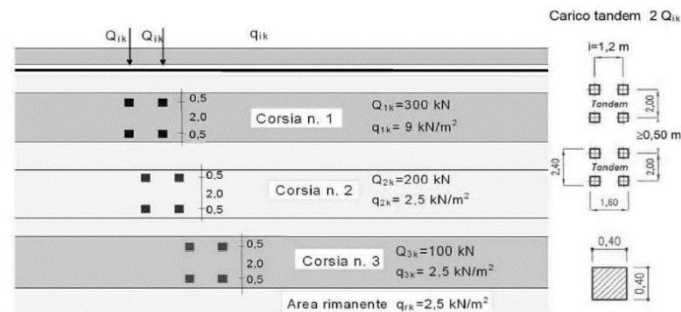


Figura 1: Schemi di carico - carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$ .

Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Tabella 2: Intensità dei carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  per le diverse corsie.

Per l'impalcato in esame la larghezza della carreggiata è compatibile con 3 colonne di carico riportate di seguito:

1. prima corsia costituita da un mezzo  $Q_{1A}$  (600 kN) e carico  $q_{1k}$  (9.0 kN/m²);
2. seconda corsia d costituita da un mezzo  $Q_{1A}$  (400 kN) e carico  $q_{1k}$  (2.50 kN/m²);
3. terza corsia costituita da un mezzo  $Q_{1A}$  (200 kN) e carico  $q_{1k}$  (2.50 kN/m²);
4. parte rimanente costituita carico  $q_{1k}$  (2.50 kN/m²).

### 6.1.5 Azione longitudinale di frenamento ( $q_3$ )

L'azione longitudinale di frenamento si assume agente nella direzione dell'asse della carreggiata ed applicata al livello del piano stradale. E' funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 ed è uguale a:

$$180kN \leq q_3 = 0.6 \cdot (2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900kN$$

Per la struttura in esame risulta:

$$q_{3,1} = 0.6 \cdot 2Q_{1k} + (0.10) q_{1k} \cdot w_1 \cdot L = 0.6 \cdot 2 \cdot 300 + (0.1) \cdot 9.00 \cdot 3 \cdot 175 = 832.5 \text{ kN}$$

L'azione di frenatura è applicata a livello della pavimentazione sulla corsia convenzionale n.1 ed è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata.

### 6.1.6 Azione centrifuga ( $q_4$ )

L'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico risulta funzione dei raggi di curvatura come mostrato nel prospetto seguente:

Raggio di curvatura $R$ (m)	$Q_4$ (kN)
$R > 200$	$0.2 \cdot Q_v$
$200 \leq R < 1500$	$40 \cdot Q_v / R$
$R \geq 1500$	0
$Q_v = \sum 2 \cdot Q_{ik}$ = carico totale degli assi tandem dello schema di carico 1.	

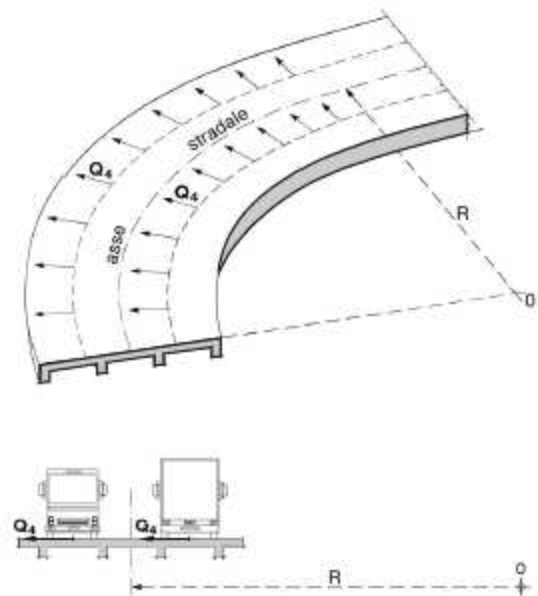


Figura 2: Valori caratteristici delle forze centrifughe - Tabella 5.1.III del D.M. 17 gennaio 2018

Il carico concentrato  $Q_4$ , applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte. L'azione centrifuga si valuta convenzionalmente come indicato in Tab. 5.1.III delle NTC18 (paragrafo 5.1.3.6), essendo  $Q_v = \sum_i 2Q_{ik}$  il carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte.

Il viadotto in esame presenta un raggio di curvatura tendente all'infinito e la forza centrifuga risulta pertanto trascurabile.

### 6.1.7 Azione del vento ( $q_5$ )

Il vento agente trasversalmente all'opera, oltre ad interessare la stessa, agisce sulla sagoma longitudinale dei carichi transitanti, come riportano le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 al paragrafo 3.3.

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Si sintetizzano di seguito i dati utili per il calcolo dell'azione del vento, in accordo con quanto prescritto nel DM 17.1.2018:

- Zona 3
- Suolo riconducibile a una Classe di Rugosità D
- Tempo di ritorno: 50 anni
- Categoria di Esposizione II

Si ottiene:

Velocità base di riferimento

$$v_b = 27 \text{ m/s}$$

Velocità di riferimento

$$v_r = 29.06 \text{ m/s}$$

Pressione cinetica di riferimento

$$q_r = 0.50 \rho v_r^2 = 0.50 \cdot 1.25 \cdot 29.06^2 = 456.29 \text{ N/m}^2$$

dove:

$$\rho = 1.25 \text{ Kg/m}^3 \text{ densità dell'aria}$$

Coefficiente dinamico

$$c_d = 1$$

Coefficiente topografico

$$c_t = 1$$

Coefficiente di esposizione

$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$
$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$

$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0.19	0.05	4.00

$$c_e(z=11.85\text{m}) = 2.46$$

**Coefficiente di forma impalcato CNR DT-207/2008 PAR. G.10.3 - G11**

larghezza impalcato	d=	23.9 m
altezza impalcato	h=	11.85 m
altezza carichi mobili esposti al vento	hf=	3 m
altezza totale esposta al vento	htot=b	14.85 m
	d/b=	<b>1.61</b>

se  $d/b \geq 2$

$$c_{fx} = \frac{1.85}{d/h_{tot}} - 0.10$$

$$2 \leq d/b \leq 5$$

$$c_{fx} = \frac{1.35}{d/h_{tot}}$$

$$d/b > 5$$

se  $d/b < 2$

Nel caso di azione del vento sugli elementi di sezione rettangolare

$$c_{fx} = 2$$

$$0.1 \leq d/b \leq 0.2$$

$$c_{fx} = 0.73 \log(d/b) + 3.16$$

$$0.2 \leq d/b \leq 0.7$$

$$c_{fx} = -1.64 \log(d/b) + 2.15$$

$$1.81 \quad 0.7 \leq d/b \leq 5$$

$$c_{fx} = -0.33 \log(d/b) + 1.23$$

$$5 \leq d/b \leq 10$$

$$c_{fx} = 0.9$$

$$10 \leq d/b \leq 50$$

dove d e b sono le dimensioni del rettangolo nella direzione parallela  
e ortogonale alla direzione del vento

Pressione del vento

$$p = q_r C_e C_p C_d C_t = 456.29 \times 2.46 \times 1 \times 1.81 \times 1 = \mathbf{2.03 \text{ kN/m}^2}$$

L'azione del vento viene assimilata a un carico orizzontale statico con direzione perpendicolare all'asse del ponte. Tale azione agisce sulla proiezione nel piano verticale delle superfici degli elementi strutturali del ponte direttamente investite e su una parete rettangolare continua verticale alta 3,00 m, che convenzionalmente rappresenta i carichi che transitano sul ponte, come mostrato nella Figura riportata di seguito.

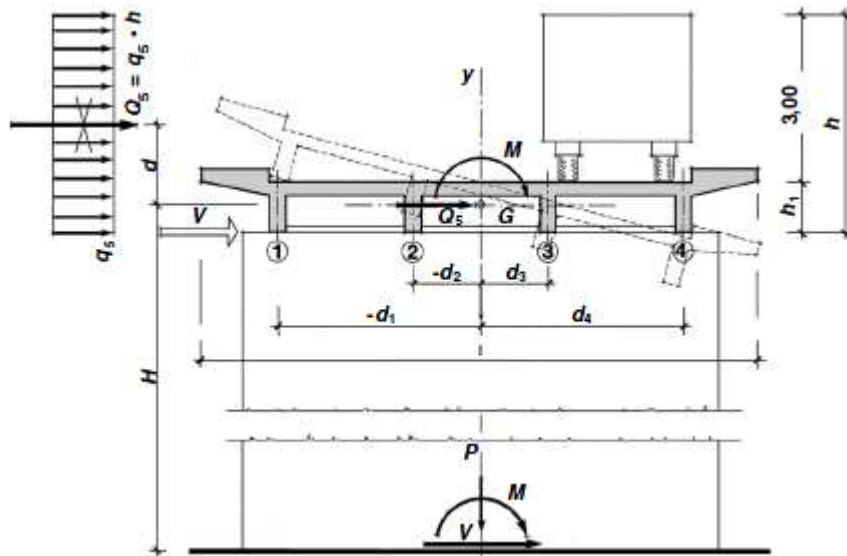


Figura 3: Direzione dell'azione del vento sul ponte

### Vento trasmesso dall'impalcato a ponte carico

Il carico trasversale, per unità di lunghezza, è pari a:

$$q_{\text{vento1}} = (H_{\text{trave}} + H_{\text{soletta}}) \cdot p$$

$$q_{\text{vento2}} = (H_{\text{carico}}) \cdot p$$

dove:

$q_{\text{vento1}}$  è il carico trasversale dovuto al vento sull'impalcato;

$q_{\text{vento2}}$  è il carico trasversale dovuto al vento sulla superficie trasversale dei carichi transitanti, che da normativa si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3m a partire dal piano stradale.

Le risultanti trasversali totali indotte dal vento sull'impalcato, sono pari a:

$$T_{\text{trasv1}} = q_{\text{vento1}} \cdot L$$

$$T_{\text{trasv2}} = q_{\text{vento2}} \cdot L$$

$$T_{\text{trasv_ponte carico}} = (T_{\text{trasv1}} + T_{\text{trasv2}})$$

Il baricentro dell'azione del vento rispetto a quota estradosso sottostrutture risulta pari a:

$$e_{v1} = d + [(H_{\text{trave}} + H_{\text{soletta}})/2]$$

$$e_{v2} = d + (H_{trave} + H_{soletta}) + (3m / 2)$$

dove:

d = distanza tra intradosso trave e estradosso sottostrutture (in metri).

L'impalcato trasmette quindi alla sottostruttura un momento pari a:

$$M_{vento\_ponte\ carico} = T_{trasv1} \cdot e_{v1} + T_{trasv2} \cdot e_{v2}$$

#### Vento trasmesso dall'impalcato a ponte scarico

Il carico trasversale, per unità di lunghezza, è pari a:

$$q_{vento1} = (H_{trave} + H_{soletta} + H_{barriera}) \cdot p$$

dove:

$q_{vento1}$  è il carico trasversale dovuto al vento sull'impalcato e sulla barriera di protezione.

La risultante trasversale totale indotta dal vento sull'impalcato, risulta pari a:

$$T_{trasv1} = q_{vento1} \cdot L$$

$$T_{trasv\_ponte\ scarico} = T_{trasv1}$$

Il baricentro dell'azione del vento rispetto a quota estradosso sottostruttura risulta pari a:

$$e_{v1} = d + [(H_{trave} + H_{soletta} + H_{barriera}) / 2]$$

L'impalcato trasmette quindi alla sottostruttura un momento pari a:

$$M_{vento\_ponte\ scarico} = T_{trasv1} \cdot e_{v1}$$

#### **6.1.8 Resistenze parassite dei vincoli ( $q_7$ )**

Le azioni parassite vengono calcolate come una percentuale degli scarichi verticali permanenti e dipendono dallo schema di vincolo adottato. Cautelativamente, si considerano delle forze generate da un attrito pari al 5%.

#### **6.1.9 Azioni sismiche ( $q_6$ )**

Nel presente paragrafo si riportano la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del DM 17.1.2018.



L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel DM 17.1.2018, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

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

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

$S_s$ : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

$S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica;

$\eta$ : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi$ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ( $\eta=1$  per  $\xi=5$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

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

$a_g$ : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

$T_B, T_C, T_D$ : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = C_C \cdot T_c^*$$

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui :

$C_c$ : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

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

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione verticale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_b \leq T \leq T_c \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_c \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_D}{T} \right)$$

nelle quali:

$S = S_S \times S_T$ : con  $S_S$  pari sempre a 1 per lo spettro verticale;

$\eta$ : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi$ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ( $\eta=1$  per  $\xi=5$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

$T_B, T_C, T_D$ : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = 0.05 \quad T_B = 0.15 \quad T_D = 1.0$$

$F_V$ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima mediante la relazione:

$$F_V = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri per la valutazione degli spettri in accelerazione orizzontale e verticale, effettuata mediante l'utilizzo del software “Spettri NTC ver. 1.0.3” reperibile presso il sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale ( $V_N$ ), è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale (VN)
1	Opere provvisorie- Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale  $V_N = 100$  anni.

### Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso

non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade”, e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l’opera in oggetto si considera una **Classe d’uso IV**.

#### Periodo di Riferimento dell’Azione Sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d’uso  $C_u$ :

$$V_R = V_n \cdot C_u$$

Il valore del coefficiente d’uso  $C_u$  è definito, al variare della classe d’uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D’USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0.7	1	1.5	2

Pertanto per l’ opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a  $100 \times 2 = \mathbf{200 \text{ anni}}$ .

#### Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l’azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

### Accelerazione ( $a_g$ ), fattore ( $F_0$ ) e periodo ( $T^*_c$ )

Ai fini del NTC 2018 le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima sul sito;

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

$T^*_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri prima elencati dipendono dalle coordinate geografiche, espresse in termini di latitudine e longitudine, del sito interessato dall'opera, dal periodo di riferimento ( $V_R$ ), e quindi dalla vita nominale ( $V_N$ ) e dalla classe d'uso ( $C_U$ ) e dallo stato limite considerato. Si riporta nel seguito la valutazione di detti parametri per i vari stati limite.

I parametri adottati per il sito in esame (Long: 11.17748; Lat: 43.139470) risultano:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T^*_c$ [s]
SLO	120	0.085	2.481	0.260
SLD	201	0.104	2.479	0.264
SLV	1898	0.210	2.560	0.287
SLC	2475	0.226	2.575	0.289

Tabella 3: Valutazione dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_c$  per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite

I parametri ai quali si è fatto riferimento nella definizione dell'azione sismica di progetto, indicati nella tabella precedente, corrispondono, cautelativamente, a quei

parametri che danno luogo al sisma di massima entità, fra tutti quelli individuati lungo le progressive dell’opera in progetto.

Sono stati presi in esame, secondo quanto previsto dal DM 17.1.2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, cap. 7.1, i seguenti Stati Limite sismici:

- SLV: Stato Limite di Salvaguardia della Vita (Stato Limite Ultimo)
- SLD: Stato Limite di Danno (Stato Limite di Esercizio)
- SLC: Stato Limite di Collasso (Stato Limite Ultimo)
- SLO: Stato Limite di Operatività (Stato Limite di Esercizio)

Le azioni sismiche relative allo stato limite di operatività (SLO) e allo stato limite di danno (SLD) non sono state considerate perché poco significative in relazione alle combinazioni di natura statica. Per quanto riguarda lo stato limite di collasso (SLC), questo è stato considerato per le combinazioni sismiche di verifica dei ritegni sismici; si faccia pertanto riferimento alle considerazioni presentate nelle rispettive relazioni di calcolo di impalcato.

Si riportano al termine dell’analisi, i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici e di progetto per il restante stato limite (SLV).

### Classificazione dei terreni

Per la definizione dell’azione sismica di progetto, la valutazione dell’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell’area di intervento. In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_{s30}$ , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$  (per terreni prevalentemente coesivi).

Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno

	strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)

Si considera una **categoria B** di suolo di fondazione.

### Amplificazione stratigrafica

I due coefficienti prima definiti,  $S_s$  e  $C_c$ , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono pari a:

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

Nel caso in esame (categoria di sottosuolo B) allo SLV risulta:

$$S_s = 1.185$$

$$C_c = 1.412$$

### Amplificazione topografica

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella seguente tabella.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Nel caso in esame  $S_T = 1$

### Spettri di progetto

Di seguito si forniscono gli spettri di risposta elastici per lo SLV, con le tabelle dei rispettivi parametri.



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

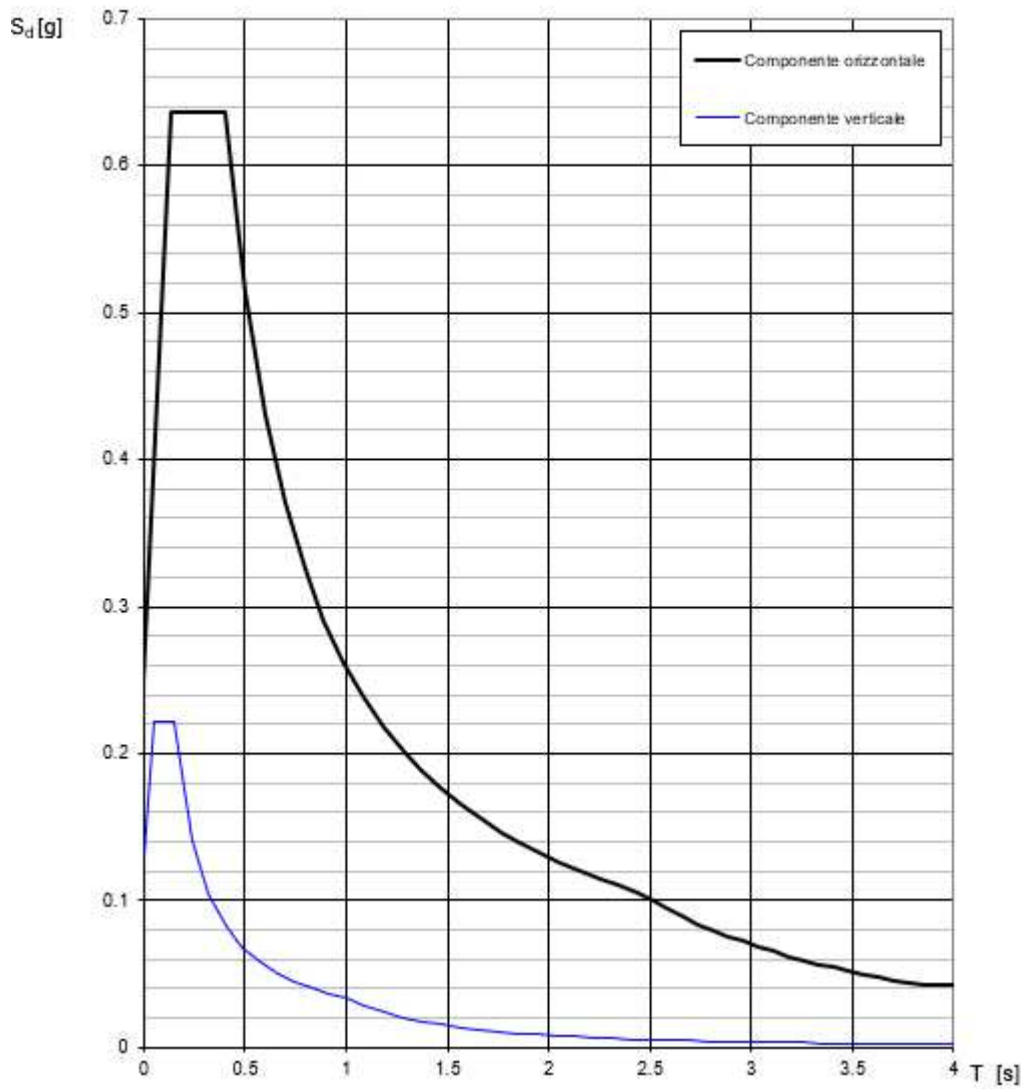


Figura 4: Spettri di risposta \_SLV (Componente orizzontale e verticale)

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato Iir8LV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.210 $g$
$F_a$	2.560
$T_c$	0.287 $s$
$S_s$	1.185
$C_c$	1.412
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.185
$\eta$	1.000
$T_B$	0.135 $s$
$T_C$	0.405 $s$
$T_D$	2.440 $s$

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

$$\eta = \sqrt{10(5+z)} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

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

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

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

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

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

La spettro di risposta  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è attenuata dalle espressioni della spettro elastica  $S_e(T)$  moltiplicandola 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	0.249
$T_B$ ←	0.135	0.637
$T_C$ ←	0.405	0.637
	0.502	0.514
	0.599	0.431
	0.696	0.371
	0.793	0.326
	0.890	0.290
	0.987	0.262
	1.084	0.238
	1.181	0.219
	1.277	0.202
	1.374	0.188
	1.471	0.176
	1.568	0.165
	1.665	0.155
	1.762	0.147
	1.859	0.139
	1.956	0.132
	2.053	0.126
	2.149	0.120
	2.246	0.115
	2.343	0.110
$T_D$ ←	2.440	0.106
	2.514	0.100
	2.589	0.094
	2.663	0.089
	2.737	0.084
	2.812	0.080
	2.886	0.076
	2.960	0.072
	3.034	0.068
	3.109	0.065
	3.183	0.062
	3.257	0.059
	3.332	0.057
	3.406	0.054
	3.480	0.052
	3.554	0.050
	3.629	0.048
	3.703	0.046
	3.777	0.044
	3.851	0.042
	3.926	0.042
	4.000	0.042

## **6.2 COMBINAZIONI DI CARICO**

Le azioni considerate sono le seguenti:

- g1: peso proprio degli elementi strutturali;
- g2 : carichi permanenti portati;
- $\epsilon_2$  : ritiro e viscosità della soletta;
- $\epsilon_3$  : variazioni termiche uniformi e differenziali;
- q1: carichi mobili;
- q3: azione longitudinale di frenamento;
- q4: azione centrifuga;
- q5: azione trasversale del vento;
- q6: azioni sismiche;
- q7: reazioni parassite dei vincoli.

Tali azioni sono combinate secondo il punto 5.1.3.12 delle NTC 2018.

Si riportano di seguito le combinazioni delle azioni maggiormente significative per la determinazione delle sollecitazioni più gravose.

		g1	g2	ε2	ε3	q1	q3	q4	q5	q6	q7
SLE	SLE (QP)	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
	SLE (FR) 1	1	1	1	0.5	0.75 Q <sub>ik</sub> 0.4 q <sub>ik</sub> 0.75 q <sub>folla</sub>	0	0	0	0	0
	SLE (FR) 2	1	1	1	0.5	0.75 Q <sub>ik</sub> 0.4 q <sub>ik</sub> 0.75 q <sub>folla</sub>	0.75	0	0	0	0
	SLE (RARA) 1	1	1	1	0.6	1 Q <sub>ik</sub> 1 q <sub>ik</sub> 1 q <sub>folla</sub>	0	0	0.6	0	0
	SLE (RARA) 2	1	1	1	0.6	1 Q <sub>ik</sub> 1 q <sub>ik</sub> 1 q <sub>folla</sub>	0	0	0.8	0	0
	SLE (RARA) 3	1	1	1	0.6	1 Q <sub>ik</sub> 1 q <sub>ik</sub> 1 q <sub>folla</sub>	0.75	0	0.6	0	0
	SLE (RARA) 4	1	1	1	0.6	1 Q <sub>ik</sub> 1 q <sub>ik</sub> 1 q <sub>folla</sub>	0.75	0	0.8	0	0
SLU	SLU1	1.35	1.5	1.2	1.2·0.6	0	0	0	1.5	0	1.35·0.75
	SLU2	1.35	1.5	1.2	1.2·0.6	1.35	0	0	0.9	0	1.35·0.75
	SLU3	1.35	1.5	1.2	1.2·0.6	1.35·0.75 Q <sub>ik</sub> 1.35·0.40 q <sub>ik</sub> 1.35·0.75 q <sub>folla</sub>	1.5	0	0.9	0	1.35·0.75
	SLU4	1.35	1.5	1.2	1.2·0.6	1.35·0.75 Q <sub>ik</sub> 1.35·0.40 q <sub>ik</sub> 1.35·0.75 q <sub>folla</sub>	0	1.5	0.9	0	1.35·0.75
SLV	SLV	1	1	1	0.5	0.2	0	0	0	±1	0

Tabella 4: Combinazioni di carico

La risposta della struttura alle azioni sismiche è stata valutata mediante analisi dinamica lineare, valutando gli effetti sulla struttura tramite la seguente espressione:

$$E_I + 0.3E_t + 0.3E_v; \quad 0.3E_I + E_t + 0.3E_v; \quad 0.3E_I + 0.3E_t + E_v.$$

## 7 CRITERI DI CALCOLO

### 7.1 METODO DI VERIFICA

Per le verifiche delle sezioni è adottato il metodo agli Stati Limite.

### 7.2 SOFTWARE DI CALCOLO E MODELLAZIONE NUMERICA

Al fine di determinare le sollecitazioni agenti è stato utilizzato il programma agli elementi finiti Sap2000. Il modello di calcolo è costituito da elementi frame, monodimensionali, rappresentativi delle travi a sezione composta acciaio-clt e dei traversi. La soletta è stata modellata come elementi a piastra. I controventi di piano sono stati considerati incernierati alle estremità, le aste dei trasversi incastrate alle estremità. Nelle figure di seguito riportate si evidenzia il modello tridimensionale implementato.

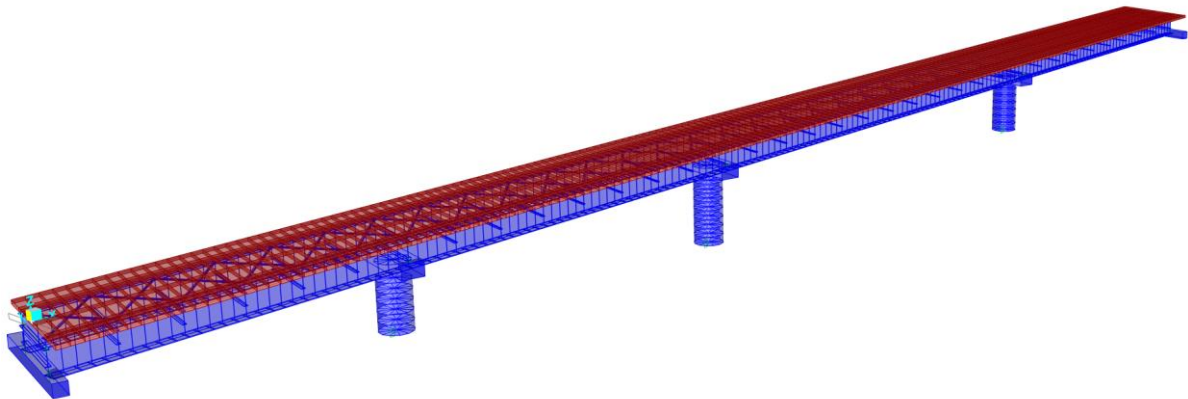


Figura 5 Impalcato - Modello di calcolo FEM tridimensionale

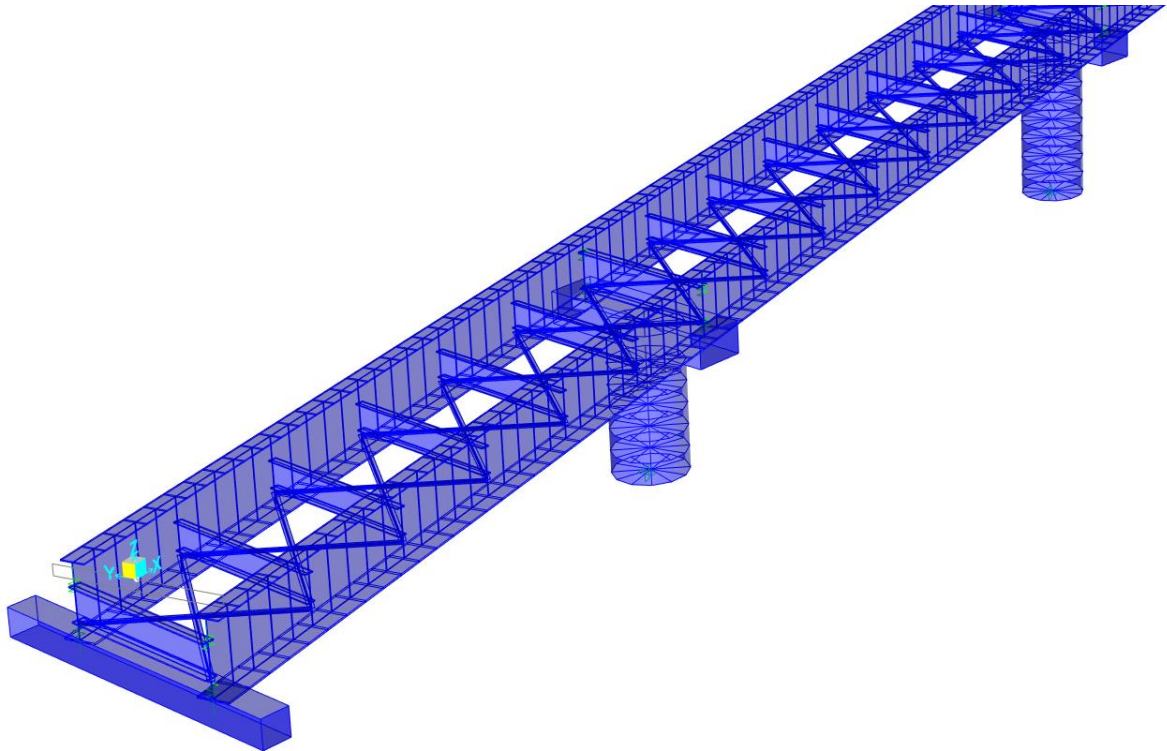


Figura 6 Impalcato - Modello di calcolo FEM tridimensionale – Particolare modellazione impalcato

## 8 SOLLECITAZIONI IMPALCATO

Si riportano di seguito le sollecitazioni della trave più caricata a causa degli effetti di eccentricità del carico.

### 8.1 SOLLECITAZIONI 1<sup>A</sup> FASE

Con riferimento ai carichi di 1a fase, costituiti dal peso proprio delle parti in acciaio e della soletta, sono rappresentate le caratteristiche delle sollecitazioni flettenti e taglianti.

In tali fasi, la sezione reagente è costituita dalle sole travi in acciaio, in quanto l'eventuale soletta non è collaborante ed è presente solo come carico applicato.

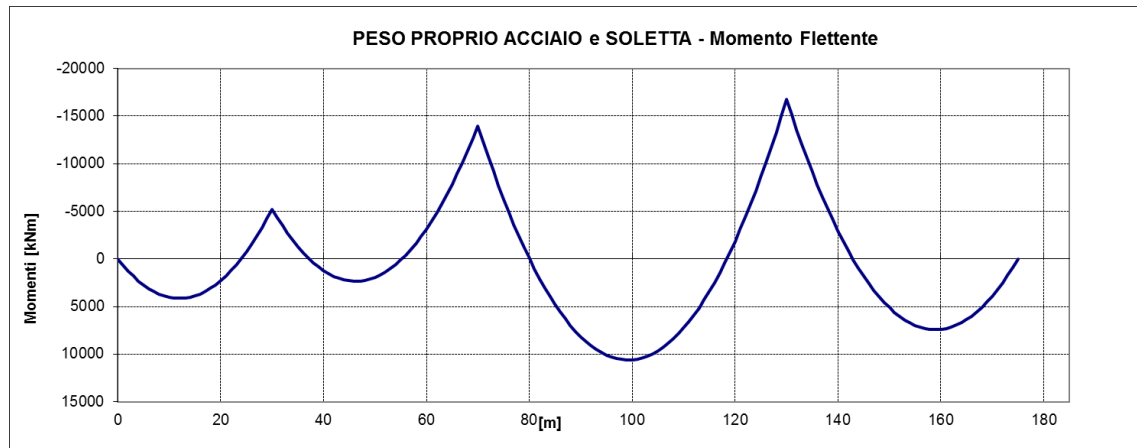


Figura 7 Peso proprio acciaio e soletta (Momento)

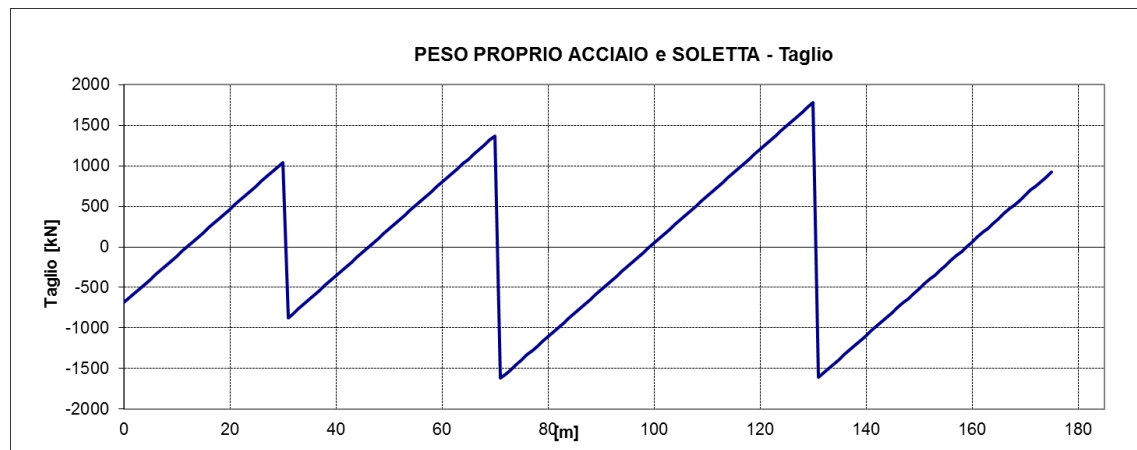


Figura 8 Peso proprio acciaio e soletta (Taglio)

## 8.2 SOLLECITAZIONI 2<sup>A</sup> FASE

Con riferimento ai carichi di 2a fase, si considerano a tempo  $t_0$  e  $t_\infty$  i seguenti contributi:

- permanenti portati ( $t_\infty$ )
- effetti termici uniformi ( $t_0$ )
- effetti termici differenziali ( $t_0$ )
- cedimenti fondazioni ( $t_\infty$ )
- ritiro ( $t_\infty$ )
- carico accidentale ( $t_0$ )
- vento ( $t_0$ )

Si riportano di seguito i diagrammi di taglio e momento flettente nel piano verticale dei singoli contributi dei carichi di 2a fase delle azioni dimensionanti.

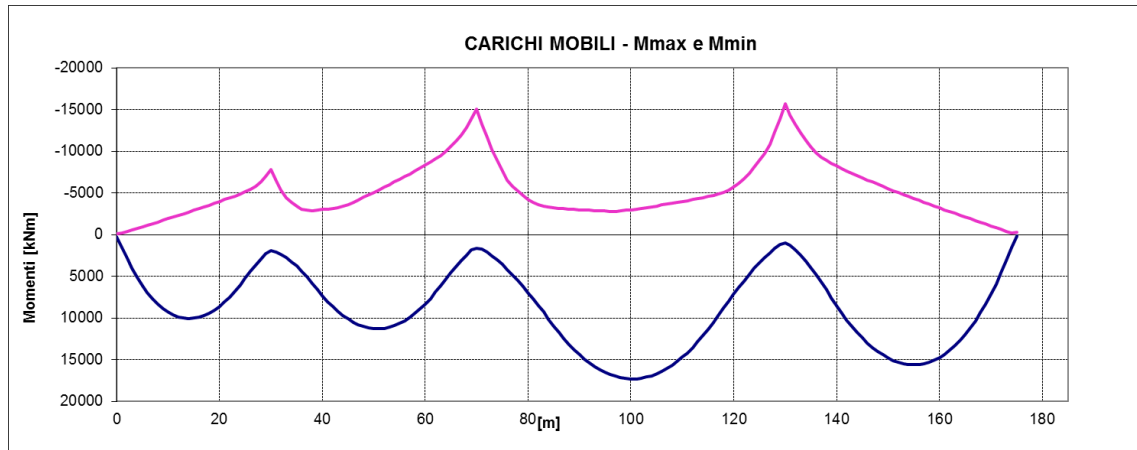


Figura 9 Carichi accidentali (Momento)

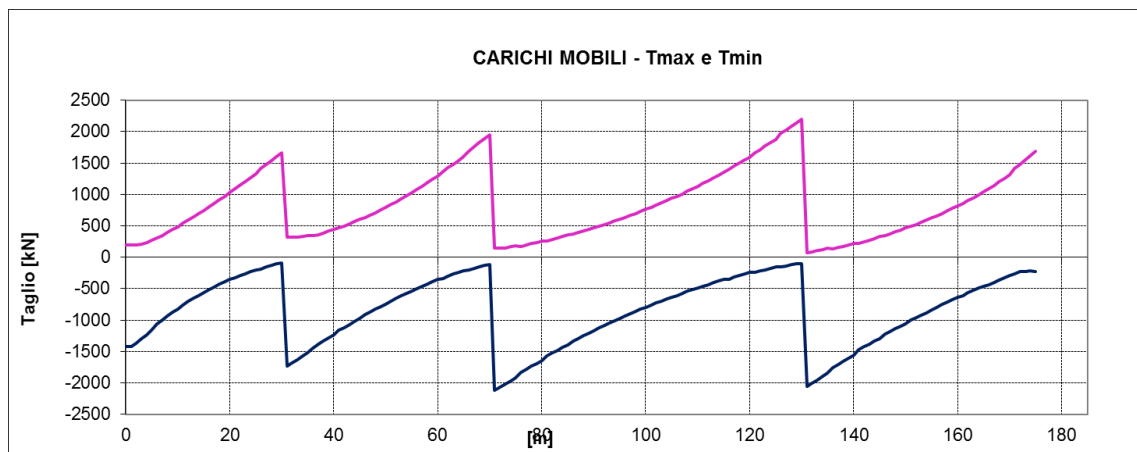


Figura 10 Carichi accidentali (Taglio)



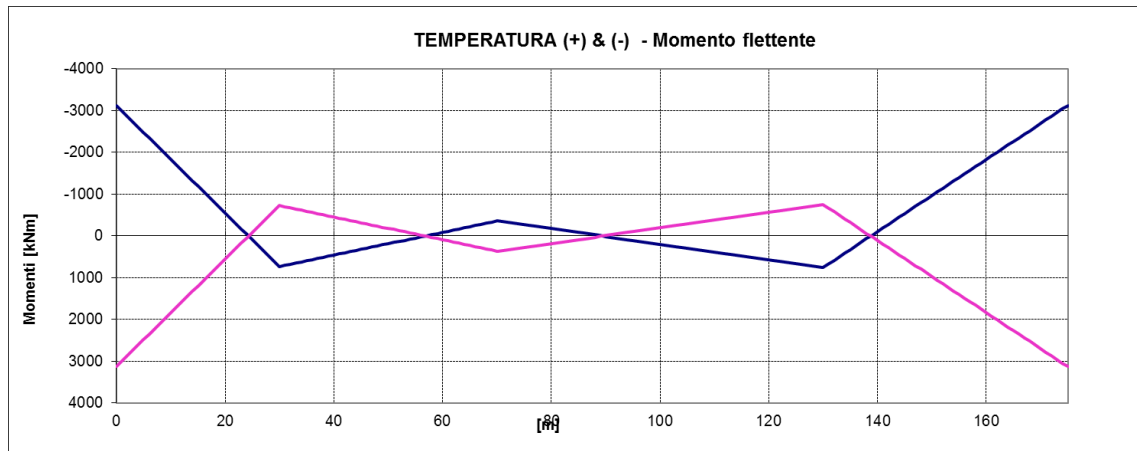


Figura 11 Effetti termici differenziali a tempo  $t_0 (\pm 5^\circ)$  (Momento)

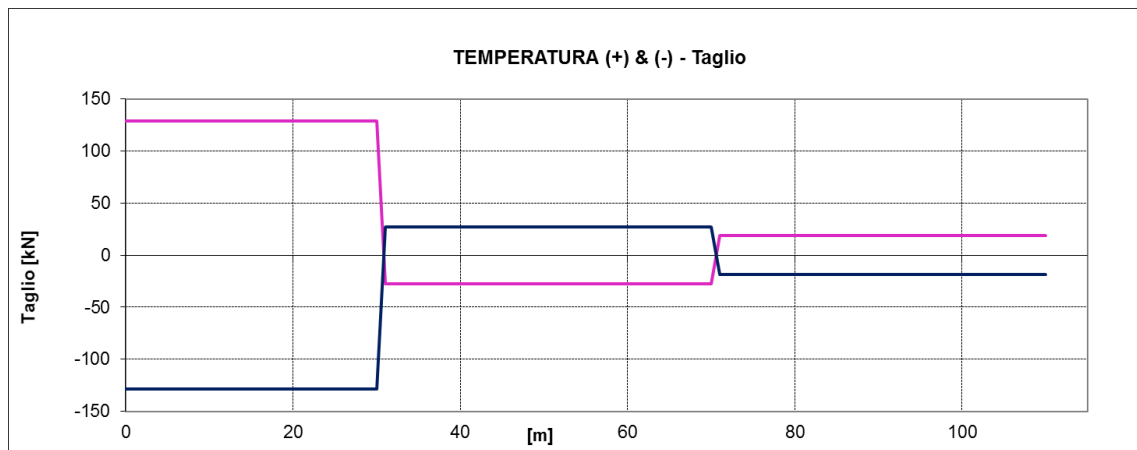


Figura 12 Effetti termici differenziali a tempo  $t_0 (\pm 5^\circ)$  (Taglio)

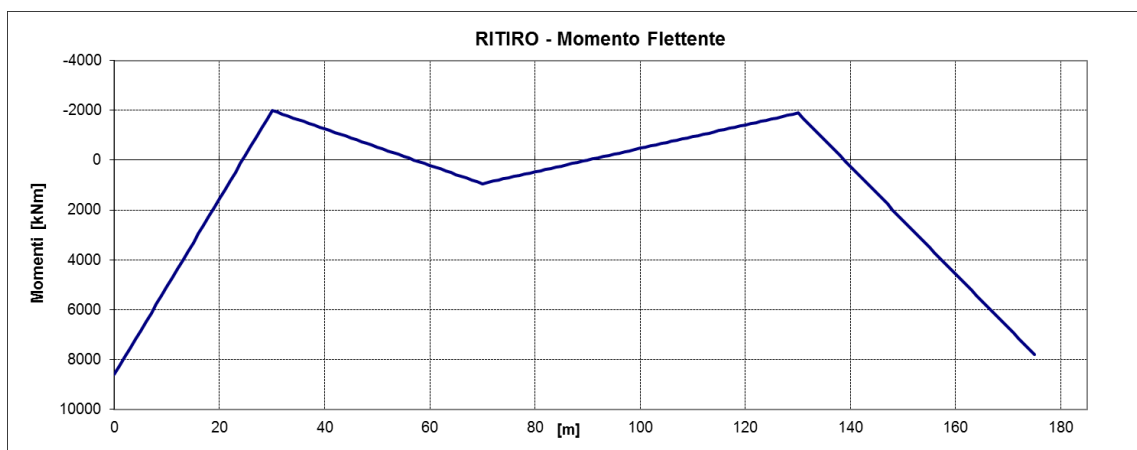


Figura 13 Ritiro (Momento)

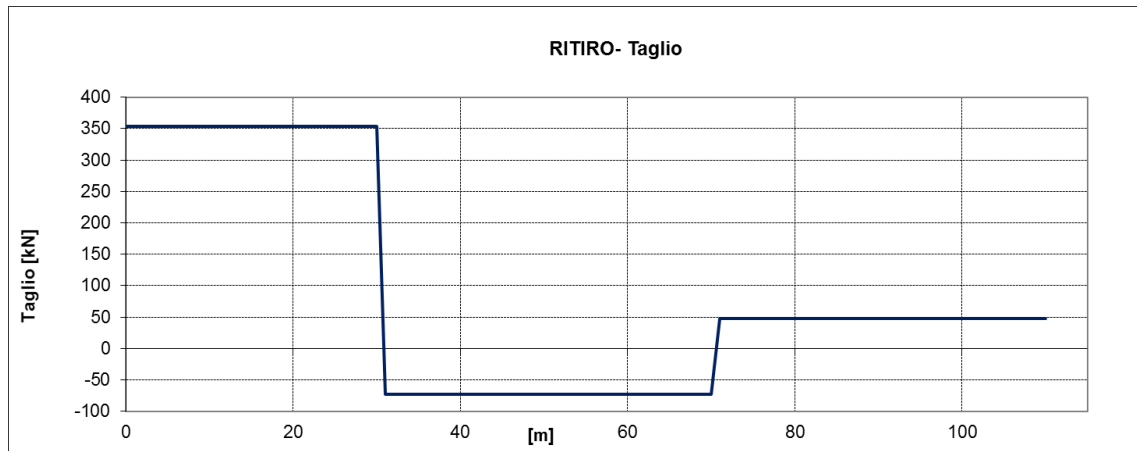


Figura 14 Ritiro (Taglio)

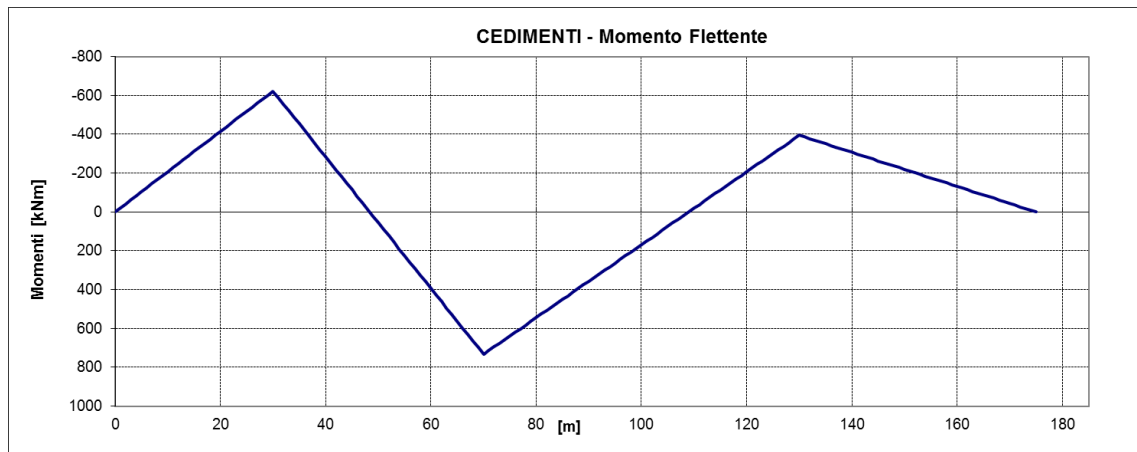


Figura 15 Cedimento (Momento)

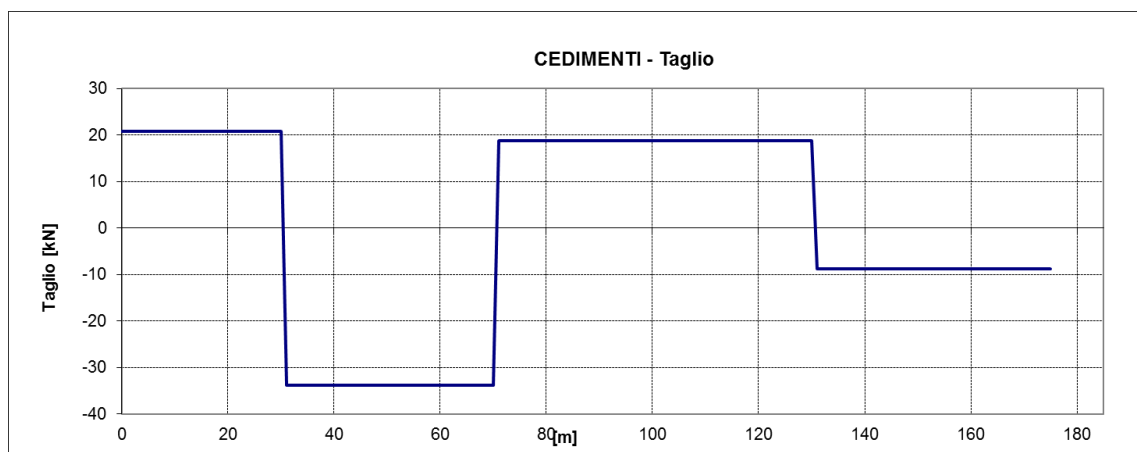


Figura 16 Cedimento (Taglio)

## 9 VERIFICHE DELLE TRAVI DI IMPALCATO

Si riportano nei paragrafi seguenti le verifiche di tutte le sezioni dell’impalcato in 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> fase per le combinazione di carico di normativa. Nelle verifiche sono state assunte, convenzionalmente, come positive le tensioni di trazione. L’unità di misura utilizzata per le tensioni è il N/mm<sup>2</sup> (MPa).

Le caratteristiche inerziali delle sezioni di verifica sono state calcolate per tutti gli elementi del modello tenendo conto della larghezza collaborante B.

Per ciascuna sezione e ciascun elemento strutturale (trave, soletta, armature) si riportano la tensione massima (di trazione) e minima (di compressione) relativa alla combinazione in esame. Tali valori sono stati ricavati come somma dei contributi in termini di tensioni ottenuti utilizzando i moduli di resistenza pertinenti alla fase della sollecitazione:

1<sup>a</sup> fase:

- tutti i carichi utilizzano i moduli di resistenza del solo acciaio;

2<sup>a</sup> fase a tempo  $T_0$ :

- il peso proprio delle travi e della soletta utilizzano i moduli di resistenza dell'acciaio;

- tutti gli altri carichi utilizzano i moduli di resistenza a tempo  $T_0$ ;

2a fase a tempo  $T_\infty$ :

- il peso proprio delle travi e della soletta utilizzano i moduli di resistenza dell'acciaio;

- termica differenziale, accidentali e vento utilizzano i moduli di resistenza a  $T_0$ ;

- tutti gli altri carichi utilizzano i moduli di resistenza a  $T_\infty$ ;

Nel momento in cui la somma delle tensioni sulla soletta di calcestruzzo è di trazione, la verifica viene svolta considerando la soletta non reagente.

## 9.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI

### 9.1.1 Valutazione della larghezza collaborante della soletta

Con riferimento alle NTC2018, si definisce la larghezza collaborante della soletta attraverso la relazione:

$$b_{eff} = b_o + b_{e1} + b_{e2}$$

dove:

$$b_{ei} = \min [L_e/8 ; b_i];$$

$b_o$  = distanza tra i connettori perpendicolarmente all'asse della trave.

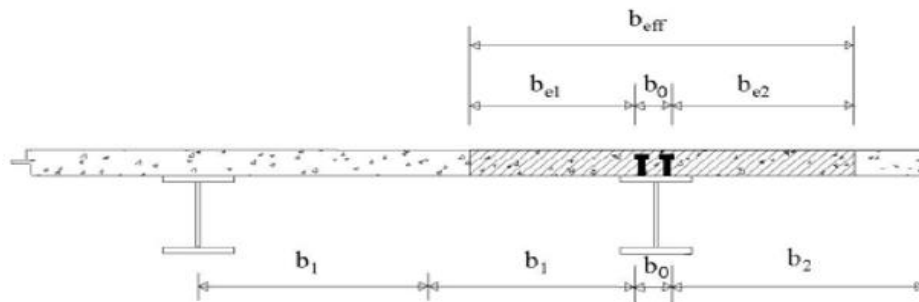


Figura 17 Definizione della larghezza efficace  $b_{eff}$

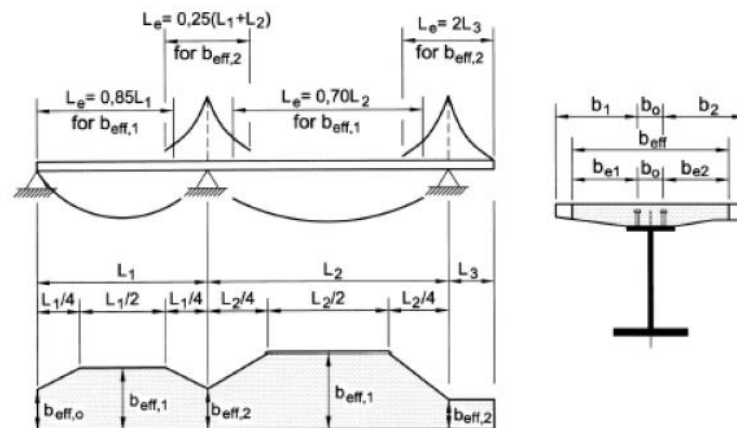


Figura 18 Larghezza efficace  $b_{eff}$  e luci equivalenti  $L_e$  per le travi continue

**LARGHEZZA EFFICACE MEZZERIA CAMPATA**

Distanza tra gli assi dei connettori	$b_0 =$	<b>600</b>	<b>mm</b>
Luce travi	$L =$	<b>40000</b>	<b>mm</b>
Luce equivalente (vedi fig. 4.3.2 NTC)	$L_e =$	28000	<b>mm</b>
Semi interasse travi longitudinali	$b_1 =$	<b>3000</b>	<b>mm</b>
Sbalzo della soletta	$b_2 =$	<b>2625</b>	<b>mm</b>
Larghezza efficace 1	$b_{e1} =$	2700	mm
Larghezza efficace 2	$b_{e2} =$	2325	mm
<b>Larghezza efficace</b>	<b><math>b_{eff} =</math></b>	<b>5625</b>	<b>mm</b>

**LARGHEZZA EFFICACE APPOGGIO CAMPATA**

Distanza tra gli assi dei connettori	$b_0 =$	<b>600</b>	<b>mm</b>
Luce trave 1	$L_1 =$	<b>40000</b>	<b>mm</b>
Luce trave 2	$L_2 =$	<b>60000</b>	<b>mm</b>
Luce equivalente (vedi fig. 4.3.2 NTC)	$L_e =$	25000	mm
Semi interasse travi longitudinali	$b_1 =$	<b>3000</b>	<b>mm</b>
Sbalzo della soletta	$b_2 =$	<b>2625</b>	<b>mm</b>
Larghezza efficace 1 (vedi C4.3.2.3)	$b_{e1} =$	2700	mm
Larghezza efficace 2 (vedi C4.3.2.3)	$b_{e2} =$	2325	mm
<b>Larghezza efficace</b>	<b><math>b_{eff} =</math></b>	<b>5625</b>	<b>mm</b>

**LARGHEZZA EFFICACE MEZZERIA CAMPATA ESTREMITA'**

Distanza tra gli assi dei connettori	$b_0 =$	<b>600</b>	<b>mm</b>
Luce travi	$L =$	<b>30000</b>	<b>mm</b>
Luce equivalente (vedi fig. 4.3.2 NTC)	$L_e =$	25500	<b>mm</b>
Semi interasse travi longitudinali	$b_1 =$	<b>3000</b>	<b>mm</b>
Sbalzo della soletta	$b_2 =$	<b>2625</b>	<b>mm</b>
Larghezza efficace 1 (vedi C4.3.2.3)	$b_{e1} =$	2700	mm
Larghezza efficace 2 (vedi C4.3.2.3)	$b_{e2} =$	2325	mm
<b>Larghezza efficace</b>	<b><math>b_{eff} =</math></b>	<b>5625</b>	<b>mm</b>

**LARGHEZZA EFFICACE APPOGGIO CAMPATA ESTREMITA'**

Distanza tra gli assi dei connettori	$b_0 =$	<b>600</b>	<b>mm</b>
Luce travi	$L =$	<b>30000</b>	<b>mm</b>
Luce equivalente (vedi fig. 4.3.2 NTC)	$L_e =$	25500	<b>mm</b>
Semi interasse travi longitudinali	$b_1 =$	<b>3000</b>	<b>mm</b>
Sbalzo della soletta	$b_2 =$	<b>2625</b>	<b>mm</b>
Larghezza efficace 1 (vedi C4.3.2.3)	$b_{e1} =$	2700	mm
Larghezza efficace 2 (vedi C4.3.2.3)	$b_{e2} =$	2325	mm
	$\beta_1 =$	0.7861	
	$\beta_2 =$	0.8242	
<b>Larghezza efficace</b>	<b><math>b_{eff} =</math></b>	<b>4639</b>	<b>mm</b>

### 9.1.2 Caratteristiche geometriche delle sezioni d'acciaio

Le dimensioni geometriche delle sezioni delle travi d'acciaio, in corrispondenza dei traversi e dei giunti, sono riportate nella tabella seguente:

- $H_{tot}$  altezza totale della trave
- $t$  spessore dell'anima
- $B_{sup}$  larghezza della piattabanda superiore
- $S_{sup}$  spessore della piattabanda superiore
- $B_{inf}$  larghezza della piattabanda inferiore
- $S_{inf}$  spessore della piattabanda inferiore

Si riportano le dimensioni delle travi per tutte le sezioni di verifica individuate dalla progressiva espressa in metri.

Progressiva	TRAVE METALLICA						
	$H_{tot}$	Anima		Piattabanda sup.		Piattabanda inf.	
x	$H_{tot}$	$h_{anima}$	$t_w$	$B_{sup}$	$S_{sup}$	$B_{inf}$	$S_{inf}$
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
0.00	2200	2,130	22	600	30	950	40
1.00	2200	2,130	22	600	30	950	40
2.00	2200	2,130	22	600	30	950	40
3.00	2200	2,130	22	600	30	950	40
4.00	2200	2,130	22	600	30	950	40
5.00	2200	2,130	22	600	30	950	40
6.00	2200	2,130	22	600	30	950	40
7.00	2200	2,130	22	600	30	950	40
8.00	2200	2,140	22	600	20	950	40
9.00	2211	2,151	22	600	20	950	40
10.00	2222	2,162	22	600	20	950	40
11.00	2233	2,173	22	600	20	950	40
12.00	2244	2,184	22	600	20	950	40
13.00	2256	2,196	22	600	20	950	40
14.00	2267	2,207	22	600	20	950	40
15.00	2278	2,218	22	600	20	950	40
16.00	2289	2,229	22	600	20	950	40
17.00	2300	2,240	22	600	20	950	40
18.00	2311	2,251	22	600	20	950	40
19.00	2322	2,262	22	600	20	950	40
20.00	2333	2,273	22	600	20	950	40
21.00	2344	2,284	22	600	20	950	40
22.00	2356	2,296	22	600	20	950	40
23.00	2367	2,307	22	600	20	950	40
24.00	2378	2,318	22	600	20	950	40
25.00	2400	2,310	30	600	40	950	50
26.00	2400	2,310	30	600	40	950	50
27.00	2400	2,310	30	600	40	950	50
28.00	2400	2,310	30	600	40	950	50

Progressiva	TRAVE METALLICA						
		Anima		Piattabanda sup.		Piattabanda inf.	
x	H <sub>tot</sub>	h <sub>anima</sub>	t <sub>w</sub>	B <sub>sup</sub>	S <sub>sup</sub>	B <sub>inf</sub>	S <sub>inf</sub>
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
29.00	2400	2,310	30	600	40	950	50
30.00	2400	2,310	30	600	40	950	50
31.00	2400	2,310	30	600	40	950	50
32.00	2400	2,310	30	600	40	950	50
33.00	2400	2,310	30	600	40	950	50
34.00	2400	2,310	30	600	40	950	50
35.00	2400	2,330	22	600	30	950	40
36.00	2413	2,343	22	600	30	950	40
37.00	2426	2,356	22	600	30	950	40
38.00	2439	2,369	22	600	30	950	40
39.00	2452	2,382	22	600	30	950	40
40.00	2465	2,395	22	600	30	950	40
41.00	2477	2,407	22	600	30	950	40
42.00	2490	2,420	22	600	30	950	40
43.00	2503	2,433	22	600	30	950	40
44.00	2516	2,446	22	600	30	950	40
45.00	2529	2,459	22	600	30	950	40
46.00	2542	2,472	22	600	30	950	40
47.00	2555	2,485	22	600	30	950	40
48.00	2568	2,498	22	600	30	950	40
49.00	2581	2,511	22	600	30	950	40
50.00	2594	2,524	22	600	30	950	40
51.00	2606	2,536	22	600	30	950	40
52.00	2619	2,549	22	600	30	950	40
53.00	2632	2,562	22	600	30	950	40
54.00	2645	2,575	22	600	30	950	40
55.00	2658	2,588	22	600	30	950	40
56.00	2671	2,601	22	600	30	950	40
57.00	2684	2,614	22	600	30	950	40
58.00	2697	2,627	22	600	30	950	40
59.00	2710	2,640	22	600	30	950	40
60.00	2723	2,653	22	600	30	950	40
61.00	2735	2,665	22	600	30	950	40
62.00	2748	2,678	22	600	30	950	40
63.00	2761	2,691	22	600	30	950	40
64.00	2774	2,704	22	600	30	950	40
65.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
66.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
67.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
68.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
69.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
70.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
71.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
72.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
73.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
74.00	2800	2,690	30	600	50	950	60
75.00	2800	2,710	22	600	40	950	50

Progressiva	TRAVE METALLICA						
		Anima		Piattabanda sup.		Piattabanda inf.	
x	H <sub>tot</sub>	h <sub>anima</sub>	t <sub>w</sub>	B <sub>sup</sub>	S <sub>sup</sub>	B <sub>inf</sub>	S <sub>inf</sub>
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
76.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
77.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
78.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
79.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
80.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
81.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
82.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
83.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
84.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
85.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
86.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
87.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
88.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
89.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
90.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
91.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
92.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
93.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
94.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
95.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
96.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
97.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
98.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
99.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
100.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
101.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
102.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
103.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
104.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
105.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
106.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
107.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
108.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
109.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
110.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
111.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
112.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
113.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
114.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
115.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
116.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
117.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
118.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
119.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
120.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
121.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
122.00	2800	2,710	22	600	40	950	50



RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	TRAVE METALLICA						
		Anima		Piattabanda sup.		Piattabanda inf.	
x	H <sub>tot</sub>	h <sub>anima</sub>	t <sub>w</sub>	B <sub>sup</sub>	S <sub>sup</sub>	B <sub>inf</sub>	S <sub>inf</sub>
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
123.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
124.00	2800	2,710	22	600	40	950	50
125.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
126.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
127.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
128.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
129.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
130.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
131.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
132.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
133.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
134.00	2800	2,680	35	600	50	950	70
135.00	2800	2,710	30	600	40	950	50
136.00	2787	2,697	30	600	40	950	50
137.00	2774	2,684	30	600	40	950	50
138.00	2761	2,671	30	600	40	950	50
139.00	2748	2,658	30	600	40	950	50
140.00	2735	2,645	30	600	40	950	50
141.00	2723	2,633	30	600	40	950	50
142.00	2710	2,620	30	600	40	950	50
143.00	2697	2,607	30	600	40	950	50
144.00	2684	2,594	30	600	40	950	50
145.00	2671	2,581	30	600	40	950	50
146.00	2658	2,568	30	600	40	950	50
147.00	2645	2,555	30	600	40	950	50
148.00	2632	2,542	30	600	40	950	50
149.00	2619	2,529	30	600	40	950	50
150.00	2606	2,516	30	600	40	950	50
151.00	2594	2,504	30	600	40	950	50
152.00	2581	2,491	30	600	40	950	50
153.00	2568	2,478	30	600	40	950	50
154.00	2555	2,465	30	600	40	950	50
155.00	2542	2,452	30	600	40	950	50
156.00	2529	2,439	30	600	40	950	50
157.00	2516	2,426	30	600	40	950	50
158.00	2503	2,413	30	600	40	950	50
159.00	2490	2,400	30	600	40	950	50
160.00	2477	2,387	30	600	40	950	50
161.00	2465	2,375	30	600	40	950	50
162.00	2452	2,362	30	600	40	950	50
163.00	2439	2,349	30	600	40	950	50
164.00	2426	2,336	30	600	40	950	50
165.00	2400	2,330	25	600	30	950	40
166.00	2400	2,330	25	600	30	950	40
167.00	2400	2,330	25	600	30	950	40
168.00	2400	2,330	25	600	30	950	40
169.00	2400	2,330	25	600	30	950	40

Progressiva	TRAVE METALLICA						
		Anima		Piattabanda sup.		Piattabanda inf.	
x	H <sub>tot</sub>	h <sub>anima</sub>	t <sub>w</sub>	B <sub>sup</sub>	S <sub>sup</sub>	B <sub>inf</sub>	S <sub>inf</sub>
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
170.00	2400	2,330	25	600	30	950	40
171.00	2400	2,330	25	600	30	950	40
172.00	2400	2,330	25	600	30	950	40
173.00	2400	2,330	25	600	30	950	40
174.00	2400	2,330	25	600	30	950	40
175.00	2400	2,330	25	600	30	950	40

### 9.1.3 Caratteristiche meccaniche delle travi

Per ciascuna sezione si riportano omogeneizzate in acciaio:

A [m<sup>2</sup>] area

Y<sub>G</sub> [m] ascissa della sezione

J<sub>3</sub> [m<sup>4</sup>] momento d'inerzia principale

Trave W<sub>A</sub> [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione dell' intradosso della trave d'acciaio

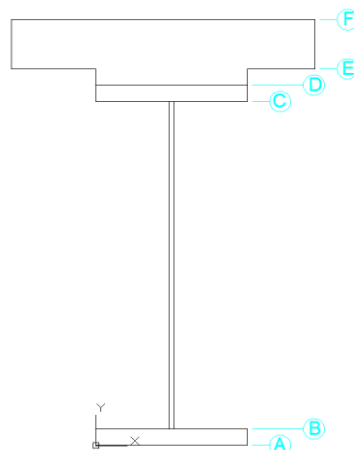
Trave W<sub>D</sub> [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione dell' estradosso della trave d'acciaio

Sol W<sub>cs</sub> [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione dell'estradosso della soletta

Sol W<sub>ci</sub> [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione dell'intradosso della soletta

Arm W<sub>φsup</sub> [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione del 1° strato di armature

Arm W<sub>φsinf</sub> [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione del 2° strato di armature



SEZIONE SOLO ACCIAIO

Progressiva	TRAVE METALLICA							
	CARATTERISTICHE INERZIALI							
	x	A <sub>trave</sub>	S <sub>trave</sub>	Y <sub>g</sub>	J	W <sub>A</sub>	W <sub>B</sub>	W <sub>C</sub>
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
0.00	1.03E-01	1.34E-01	1.307	7.88E-02	8.83E-02	9.24E-02	-6.17E-02	-6.03E-02
1.00	1.03E-01	1.34E-01	1.307	7.88E-02	8.83E-02	9.24E-02	-6.17E-02	-6.03E-02
2.00	1.03E-01	1.34E-01	1.307	7.88E-02	8.83E-02	9.24E-02	-6.17E-02	-6.03E-02
3.00	1.03E-01	1.34E-01	1.307	7.88E-02	8.83E-02	9.24E-02	-6.17E-02	-6.03E-02
4.00	1.03E-01	1.34E-01	1.307	7.88E-02	8.83E-02	9.24E-02	-6.17E-02	-6.03E-02
5.00	1.03E-01	1.34E-01	1.307	7.88E-02	8.83E-02	9.24E-02	-6.17E-02	-6.03E-02
6.00	1.03E-01	1.34E-01	1.307	7.88E-02	8.83E-02	9.24E-02	-6.17E-02	-6.03E-02
7.00	1.03E-01	1.34E-01	1.307	7.88E-02	8.83E-02	9.24E-02	-6.17E-02	-6.03E-02
8.00	9.71E-02	1.34E-01	1.383	6.88E-02	8.42E-02	8.85E-02	-5.05E-02	-4.97E-02
9.00	9.73E-02	1.35E-01	1.389	6.96E-02	8.47E-02	8.90E-02	-5.08E-02	-5.01E-02
10.00	9.76E-02	1.36E-01	1.396	7.04E-02	8.52E-02	8.95E-02	-5.12E-02	-5.05E-02
11.00	9.78E-02	1.37E-01	1.402	7.12E-02	8.57E-02	9.00E-02	-5.16E-02	-5.08E-02
12.00	9.80E-02	1.38E-01	1.408	7.21E-02	8.62E-02	9.06E-02	-5.19E-02	-5.12E-02
13.00	9.83E-02	1.39E-01	1.415	7.30E-02	8.68E-02	9.11E-02	-5.23E-02	-5.16E-02
14.00	9.86E-02	1.40E-01	1.421	7.38E-02	8.73E-02	9.16E-02	-5.27E-02	-5.20E-02
15.00	9.88E-02	1.41E-01	1.427	7.47E-02	8.78E-02	9.21E-02	-5.31E-02	-5.23E-02
16.00	9.90E-02	1.42E-01	1.434	7.55E-02	8.83E-02	9.26E-02	-5.34E-02	-5.27E-02
17.00	9.93E-02	1.43E-01	1.440	7.64E-02	8.88E-02	9.31E-02	-5.38E-02	-5.31E-02
18.00	9.95E-02	1.44E-01	1.446	7.73E-02	8.93E-02	9.37E-02	-5.42E-02	-5.34E-02
19.00	9.98E-02	1.45E-01	1.452	7.81E-02	8.98E-02	9.42E-02	-5.46E-02	-5.38E-02
20.00	1.00E-01	1.46E-01	1.458	7.90E-02	9.03E-02	9.47E-02	-5.49E-02	-5.42E-02
21.00	1.00E-01	1.47E-01	1.465	7.99E-02	9.09E-02	9.52E-02	-5.53E-02	-5.46E-02
22.00	1.01E-01	1.48E-01	1.471	8.09E-02	9.14E-02	9.58E-02	-5.57E-02	-5.50E-02
23.00	1.01E-01	1.49E-01	1.478	8.18E-02	9.19E-02	9.63E-02	-5.61E-02	-5.53E-02
24.00	1.01E-01	1.50E-01	1.484	8.27E-02	9.25E-02	9.68E-02	-5.65E-02	-5.57E-02
25.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02
26.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02
27.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02
28.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02
29.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02
30.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02
31.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02
32.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02
33.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02
34.00	1.41E-01	1.96E-01	1.393	1.25E-01	1.24E-01	1.30E-01	-9.21E-02	-8.95E-02

RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	TRAVE METALLICA							
	CARATTERISTICHE INERZIALI							
x	A <sub>trave</sub>	S <sub>trave</sub>	Y <sub>g</sub>	J	W <sub>A</sub>	W <sub>B</sub>	W <sub>C</sub>	W <sub>D</sub>
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
35.00	1.07E-01	1.52E-01	1.417	9.63E-02	9.80E-02	1.02E-01	-6.95E-02	-6.80E-02
36.00	1.08E-01	1.53E-01	1.424	9.76E-02	9.86E-02	1.03E-01	-7.00E-02	-6.85E-02
37.00	1.08E-01	1.54E-01	1.431	9.88E-02	9.93E-02	1.03E-01	-7.05E-02	-6.90E-02
38.00	1.08E-01	1.55E-01	1.438	1.00E-01	9.99E-02	1.04E-01	-7.10E-02	-6.95E-02
39.00	1.08E-01	1.57E-01	1.445	1.01E-01	1.01E-01	1.05E-01	-7.15E-02	-7.01E-02
40.00	1.09E-01	1.58E-01	1.452	1.02E-01	1.01E-01	1.05E-01	-7.21E-02	-7.06E-02
41.00	1.09E-01	1.59E-01	1.459	1.04E-01	1.02E-01	1.06E-01	-7.25E-02	-7.10E-02
42.00	1.09E-01	1.60E-01	1.466	1.05E-01	1.02E-01	1.07E-01	-7.31E-02	-7.16E-02
43.00	1.10E-01	1.61E-01	1.473	1.06E-01	1.03E-01	1.07E-01	-7.36E-02	-7.21E-02
44.00	1.10E-01	1.63E-01	1.480	1.07E-01	1.04E-01	1.08E-01	-7.41E-02	-7.26E-02
45.00	1.10E-01	1.64E-01	1.487	1.09E-01	1.04E-01	1.09E-01	-7.46E-02	-7.31E-02
46.00	1.10E-01	1.65E-01	1.494	1.10E-01	1.05E-01	1.09E-01	-7.52E-02	-7.36E-02
47.00	1.11E-01	1.66E-01	1.501	1.11E-01	1.06E-01	1.10E-01	-7.57E-02	-7.42E-02
48.00	1.11E-01	1.67E-01	1.509	1.13E-01	1.06E-01	1.11E-01	-7.62E-02	-7.47E-02
49.00	1.11E-01	1.69E-01	1.516	1.14E-01	1.07E-01	1.11E-01	-7.67E-02	-7.52E-02
50.00	1.12E-01	1.70E-01	1.523	1.15E-01	1.08E-01	1.12E-01	-7.73E-02	-7.58E-02
51.00	1.12E-01	1.71E-01	1.529	1.17E-01	1.08E-01	1.12E-01	-7.78E-02	-7.62E-02
52.00	1.12E-01	1.72E-01	1.536	1.18E-01	1.09E-01	1.13E-01	-7.83E-02	-7.68E-02
53.00	1.12E-01	1.73E-01	1.543	1.19E-01	1.10E-01	1.14E-01	-7.88E-02	-7.73E-02
54.00	1.13E-01	1.75E-01	1.550	1.21E-01	1.10E-01	1.14E-01	-7.94E-02	-7.78E-02
55.00	1.13E-01	1.76E-01	1.557	1.22E-01	1.11E-01	1.15E-01	-7.99E-02	-7.84E-02
56.00	1.13E-01	1.77E-01	1.565	1.23E-01	1.12E-01	1.16E-01	-8.05E-02	-7.89E-02
57.00	1.14E-01	1.78E-01	1.572	1.25E-01	1.12E-01	1.16E-01	-8.10E-02	-7.95E-02
58.00	1.14E-01	1.80E-01	1.579	1.26E-01	1.13E-01	1.17E-01	-8.15E-02	-8.00E-02
59.00	1.14E-01	1.81E-01	1.586	1.28E-01	1.14E-01	1.18E-01	-8.21E-02	-8.05E-02
60.00	1.14E-01	1.82E-01	1.593	1.29E-01	1.14E-01	1.18E-01	-8.26E-02	-8.11E-02
61.00	1.15E-01	1.83E-01	1.599	1.30E-01	1.15E-01	1.19E-01	-8.31E-02	-8.16E-02
62.00	1.15E-01	1.85E-01	1.606	1.32E-01	1.16E-01	1.20E-01	-8.37E-02	-8.21E-02
63.00	1.15E-01	1.86E-01	1.613	1.33E-01	1.16E-01	1.20E-01	-8.42E-02	-8.27E-02
64.00	1.15E-01	1.87E-01	1.620	1.35E-01	1.17E-01	1.21E-01	-8.48E-02	-8.32E-02
65.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01
66.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01
67.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01
68.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01
69.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01
70.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01
71.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01

RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	TRAVE METALLICA							
	CARATTERISTICHE INERZIALI							
	x	A <sub>trave</sub>	S <sub>trave</sub>	Y <sub>g</sub>	J	W <sub>A</sub>	W <sub>B</sub>	W <sub>C</sub>
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
72.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01
73.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01
74.00	1.68E-01	2.71E-01	1.617	2.04E-01	1.73E-01	1.82E-01	-1.30E-01	-1.26E-01
75.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
76.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
77.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
78.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
79.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
80.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
81.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
82.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
83.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
84.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
85.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
86.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
87.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
88.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
89.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
90.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
91.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
92.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
93.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
94.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
95.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
96.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
97.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
98.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
99.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
100.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
101.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
102.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
103.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
104.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
105.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
106.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
107.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
108.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01

RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	TRAVE METALLICA							
	CARATTERISTICHE INERZIALI							
x	A <sub>trave</sub>	S <sub>trave</sub>	Y <sub>g</sub>	J	W <sub>A</sub>	W <sub>B</sub>	W <sub>C</sub>	W <sub>D</sub>
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
109.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
110.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
111.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
112.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
113.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
114.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
115.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
116.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
117.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
118.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
119.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
120.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
121.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
122.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
123.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
124.00	1.31E-01	2.15E-01	1.643	1.64E-01	1.42E-01	1.48E-01	-1.02E-01	-1.00E-01
125.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
126.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
127.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
128.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
129.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
130.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
131.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
132.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
133.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
134.00	1.90E-01	3.15E-01	1.655	2.24E-01	1.96E-01	2.09E-01	-1.40E-01	-1.36E-01
135.00	1.53E-01	2.46E-01	1.608	1.79E-01	1.50E-01	1.56E-01	-1.14E-01	-1.11E-01
136.00	1.52E-01	2.44E-01	1.601	1.77E-01	1.49E-01	1.56E-01	-1.13E-01	-1.10E-01
137.00	1.52E-01	2.42E-01	1.594	1.75E-01	1.48E-01	1.55E-01	-1.12E-01	-1.10E-01
138.00	1.52E-01	2.41E-01	1.587	1.73E-01	1.47E-01	1.54E-01	-1.12E-01	-1.09E-01
139.00	1.51E-01	2.39E-01	1.580	1.71E-01	1.46E-01	1.53E-01	-1.11E-01	-1.08E-01
140.00	1.51E-01	2.37E-01	1.573	1.69E-01	1.46E-01	1.52E-01	-1.10E-01	-1.07E-01
141.00	1.50E-01	2.36E-01	1.567	1.67E-01	1.45E-01	1.51E-01	-1.10E-01	-1.07E-01
142.00	1.50E-01	2.34E-01	1.560	1.65E-01	1.44E-01	1.50E-01	-1.09E-01	-1.06E-01
143.00	1.50E-01	2.32E-01	1.553	1.64E-01	1.43E-01	1.50E-01	-1.08E-01	-1.05E-01
144.00	1.49E-01	2.31E-01	1.546	1.62E-01	1.42E-01	1.49E-01	-1.07E-01	-1.05E-01
145.00	1.49E-01	2.29E-01	1.539	1.60E-01	1.41E-01	1.48E-01	-1.07E-01	-1.04E-01

RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	TRAVE METALLICA							
	CARATTERISTICHE INERZIALI							
x	A <sub>trave</sub>	S <sub>trave</sub>	Y <sub>g</sub>	J	W <sub>A</sub>	W <sub>B</sub>	W <sub>C</sub>	W <sub>D</sub>
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
146.00	1.49E-01	2.28E-01	1.532	1.58E-01	1.40E-01	1.47E-01	-1.06E-01	-1.03E-01
147.00	1.48E-01	2.26E-01	1.525	1.56E-01	1.40E-01	1.46E-01	-1.05E-01	-1.03E-01
148.00	1.48E-01	2.24E-01	1.518	1.55E-01	1.39E-01	1.45E-01	-1.05E-01	-1.02E-01
149.00	1.47E-01	2.23E-01	1.511	1.53E-01	1.38E-01	1.44E-01	-1.04E-01	-1.01E-01
150.00	1.47E-01	2.21E-01	1.504	1.51E-01	1.37E-01	1.44E-01	-1.03E-01	-1.00E-01
151.00	1.47E-01	2.20E-01	1.497	1.49E-01	1.36E-01	1.43E-01	-1.02E-01	-9.97E-02
152.00	1.46E-01	2.18E-01	1.490	1.48E-01	1.35E-01	1.42E-01	-1.02E-01	-9.90E-02
153.00	1.46E-01	2.16E-01	1.483	1.46E-01	1.35E-01	1.41E-01	-1.01E-01	-9.83E-02
154.00	1.45E-01	2.15E-01	1.476	1.44E-01	1.34E-01	1.40E-01	-1.00E-01	-9.76E-02
155.00	1.45E-01	2.13E-01	1.469	1.42E-01	1.33E-01	1.39E-01	-9.97E-02	-9.69E-02
156.00	1.45E-01	2.12E-01	1.462	1.41E-01	1.32E-01	1.38E-01	-9.90E-02	-9.63E-02
157.00	1.44E-01	2.10E-01	1.455	1.39E-01	1.31E-01	1.38E-01	-9.83E-02	-9.56E-02
158.00	1.44E-01	2.08E-01	1.448	1.37E-01	1.30E-01	1.37E-01	-9.76E-02	-9.49E-02
159.00	1.44E-01	2.07E-01	1.441	1.36E-01	1.29E-01	1.36E-01	-9.69E-02	-9.42E-02
160.00	1.43E-01	2.05E-01	1.434	1.34E-01	1.29E-01	1.35E-01	-9.62E-02	-9.35E-02
161.00	1.43E-01	2.04E-01	1.428	1.33E-01	1.28E-01	1.34E-01	-9.55E-02	-9.29E-02
162.00	1.42E-01	2.02E-01	1.421	1.31E-01	1.27E-01	1.33E-01	-9.48E-02	-9.22E-02
163.00	1.42E-01	2.01E-01	1.414	1.29E-01	1.26E-01	1.33E-01	-9.42E-02	-9.15E-02
164.00	1.42E-01	1.99E-01	1.407	1.28E-01	1.25E-01	1.32E-01	-9.35E-02	-9.08E-02
165.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
166.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
167.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
168.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
169.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
170.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
171.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
172.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
173.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
174.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02
175.00	1.14E-01	1.60E-01	1.403	9.98E-02	1.00E-01	1.04E-01	-7.27E-02	-7.11E-02









**RELAZIONE DI CALCOLO**

Progressiva	SEZIONI MISTE $t_0$ $n(t_0) = 5.9$															
	CARATTERISTICHE INERZIALI								TRAVE				SOLETTA		ARMATURA	
	x	$A_{mista_0}$	$S_{mista_0}$	$Y_g$	$J_c$	$J_\phi$	$J_a$	J	$W_A$	$W_B$	$W_C$	$W_D$	$W_{cs}$	$W_{ci}$	$W_{es}$	$W_{ei}$
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	Controllo	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
139.00	4.53E-01	0.33863	0.748	Yg >= h_sol	1.04E-01	6.50E-03	3.86E-01	4.96E-01	0.21019	0.21474	-1.42416	-1.27744	-3.94353	-6.58273	-0.71031	-0.99543
140.00	4.52E-01	0.33682	0.745	Yg >= h_sol	1.03E-01	6.43E-03	3.82E-01	4.91E-01	0.20894	0.21349	-1.42366	-1.27571	-3.92175	-6.56615	-0.70662	-0.99217
141.00	4.52E-01	0.33516	0.742	Yg >= h_sol	1.01E-01	6.37E-03	3.79E-01	4.86E-01	0.20780	0.21233	-1.42323	-1.27414	-3.90165	-6.55089	-0.70321	-0.98916
142.00	4.51E-01	0.33336	0.738	Yg >= h_sol	1.00E-01	6.30E-03	3.75E-01	4.82E-01	0.20656	0.21109	-1.42283	-1.27246	-3.87988	-6.53443	-0.69951	-0.98591
143.00	4.51E-01	0.33157	0.735	Yg >= h_sol	9.92E-02	6.23E-03	3.71E-01	4.77E-01	0.20533	0.20984	-1.42248	-1.27081	-3.85813	-6.51802	-0.69582	-0.98267
144.00	4.51E-01	0.32978	0.732	Yg >= h_sol	9.81E-02	6.16E-03	3.68E-01	4.72E-01	0.20409	0.20860	-1.42219	-1.26919	-3.83638	-6.50169	-0.69213	-0.97943
145.00	4.50E-01	0.32800	0.728	Yg >= h_sol	9.70E-02	6.09E-03	3.64E-01	4.67E-01	0.20286	0.20737	-1.42195	-1.26760	-3.81464	-6.48542	-0.68843	-0.97619
146.00	4.50E-01	0.32622	0.725	Yg >= h_sol	9.60E-02	6.02E-03	3.60E-01	4.62E-01	0.20164	0.20613	-1.42178	-1.26604	-3.79291	-6.46921	-0.68474	-0.97296
147.00	4.49E-01	0.32445	0.722	Yg >= h_sol	9.49E-02	5.96E-03	3.57E-01	4.58E-01	0.20041	0.20490	-1.42167	-1.26452	-3.77120	-6.45307	-0.68106	-0.96973
148.00	4.49E-01	0.32268	0.719	Yg >= h_sol	9.38E-02	5.89E-03	3.53E-01	4.53E-01	0.19919	0.20367	-1.42162	-1.26302	-3.74949	-6.43701	-0.67737	-0.96650
149.00	4.49E-01	0.32092	0.715	Yg >= h_sol	9.28E-02	5.82E-03	3.50E-01	4.48E-01	0.19797	0.20244	-1.42164	-1.26156	-3.72779	-6.42101	-0.67368	-0.96328
150.00	4.48E-01	0.31916	0.712	Yg >= h_sol	9.17E-02	5.76E-03	3.46E-01	4.43E-01	0.19676	0.20122	-1.42172	-1.26014	-3.70610	-6.40508	-0.66999	-0.96007
151.00	4.48E-01	0.31754	0.709	Yg >= h_sol	9.07E-02	5.70E-03	3.43E-01	4.39E-01	0.19564	0.20009	-1.42186	-1.25885	-3.68609	-6.39045	-0.66659	-0.95710
152.00	4.48E-01	0.31580	0.706	Yg >= h_sol	8.97E-02	5.63E-03	3.39E-01	4.35E-01	0.19442	0.19887	-1.42208	-1.25750	-3.66442	-6.37466	-0.66291	-0.95390
153.00	4.47E-01	0.31405	0.702	Yg >= h_sol	8.87E-02	5.57E-03	3.36E-01	4.30E-01	0.19322	0.19766	-1.42237	-1.25618	-3.64275	-6.35896	-0.65922	-0.95070
154.00	4.47E-01	0.31232	0.699	Yg >= h_sol	8.76E-02	5.50E-03	3.32E-01	4.25E-01	0.19201	0.19644	-1.42274	-1.25489	-3.62110	-6.34333	-0.65554	-0.94750
155.00	4.46E-01	0.31058	0.696	Yg >= h_sol	8.66E-02	5.44E-03	3.29E-01	4.21E-01	0.19081	0.19523	-1.42318	-1.25365	-3.59946	-6.32777	-0.65186	-0.94431
156.00	4.46E-01	0.30886	0.693	Yg >= h_sol	8.56E-02	5.38E-03	3.25E-01	4.16E-01	0.18961	0.19403	-1.42371	-1.25245	-3.57783	-6.31230	-0.64818	-0.94112
157.00	4.46E-01	0.30713	0.689	Yg >= h_sol	8.46E-02	5.32E-03	3.22E-01	4.12E-01	0.18841	0.19282	-1.42431	-1.25128	-3.55621	-6.29691	-0.64450	-0.93794
158.00	4.45E-01	0.30542	0.686	Yg >= h_sol	8.36E-02	5.25E-03	3.19E-01	4.08E-01	0.18722	0.19162	-1.42500	-1.25016	-3.53461	-6.28161	-0.64082	-0.93476
159.00	4.45E-01	0.30370	0.683	Yg >= h_sol	8.26E-02	5.19E-03	3.15E-01	4.03E-01	0.18603	0.19042	-1.42578	-1.24908	-3.51301	-6.26639	-0.63714	-0.93159
160.00	4.44E-01	0.30200	0.680	Yg >= h_sol	8.17E-02	5.13E-03	3.12E-01	3.99E-01	0.18484	0.18922	-1.42664	-1.24805	-3.49142	-6.25125	-0.63347	-0.92843
161.00	4.44E-01	0.30043	0.677	Yg >= h_sol	8.08E-02	5.08E-03	3.09E-01	3.95E-01	0.18374	0.18812	-1.42752	-1.24713	-3.47150	-6.23736	-0.63007	-0.92551
162.00	4.44E-01	0.29873	0.673	Yg >= h_sol	7.98E-02	5.02E-03	3.06E-01	3.90E-01	0.18256	0.18693	-1.42857	-1.24619	-3.44994	-6.22240	-0.62640	-0.92235
163.00	4.43E-01	0.29704	0.670	Yg >= h_sol	7.88E-02	4.96E-03	3.02E-01	3.86E-01	0.18138	0.18574	-1.42972	-1.24529	-3.42838	-6.20753	-0.62273	-0.91920
164.00	4.43E-01	0.29535	0.667	Yg >= h_sol	7.79E-02	4.90E-03	2.99E-01	3.82E-01	0.18020	0.18456	-1.43096	-1.24443	-3.40684	-6.19276	-0.61905	-0.91606
165.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
166.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
167.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
168.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
169.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
170.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
171.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
172.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
173.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
174.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491
175.00	4.16E-01	0.24665	0.594	Yg >= h_sol	5.79E-02	3.65E-03	2.56E-01	3.18E-01	0.14665	0.14941	-1.56114	-1.36058	-3.18482	-6.43996	-0.58457	-0.92491

## 9.2 CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI

Nel caso in esame si analizza l’impalcato d’acciaio utilizzando l’analisi elastica, andando a verificare la resistenza delle sezioni trasversali e verificando i fenomeni di imbozzamento per effetto di instabilità locali. Le sezioni trasversali degli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale  $C_\theta$ . Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

**Classe1:** quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l’analisi strutturale condotta con il metodo plastico di cui al §4.2.3.2 senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale  $C_\theta < 3$ ;

**Classe2:** la sezione può sviluppare il proprio momento resistente elastico, ma ha una capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale  $C_\theta \geq 1,5$ ;

**Classe3:** sono quelle sezioni trasversali dove la fibra d’acciaio estrema compressa può raggiungere la tensione di snervamento, ma l’instabilità locale può impedire il raggiungimento del momento resistente plastico;

**Classe4:** quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell’instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

La definizione delle classi viene fornita dalla NTC2018 e nel caso di una sezione composta, la classificazione è in funzione della classe più sfavorevole relativa alle varie parti che la compongono (piattabanda superiore, inferiore e pannello d’anima). Questa classificazione delle sezioni trasversali dipende dallo stato tensionale e dalla proporzione di ciascuno degli elementi compressi.

I rapporti di snellezza delle varie lamiere che compongono la sezione trasversale vengono confrontati con i valori limite suggeriti nelle tabelle tab. 4.2.III e tab. 4.2.IV. Si riporta di seguito la classificazione per ciascuna porzione analizzata.

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Progressiva	GEOMETRIA			STATO TENSIONALE							STATO TENSIONALE						
				2° FASE							3° FASE						
	Anima			TRAVE						TRAVE							
x	h <sub>anima</sub>	h <sub>anima + irrigidimento</sub>	tw	σ <sub>A</sub>	σ <sub>D</sub>	ψ	c/t <sub>LIM</sub>	c/t	CLASSE	σ <sub>A</sub>	σ <sub>D</sub>	ψ	c/t <sub>LIM</sub>	c/t	CLASSE	CLASSE	
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )					(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )						
0.00	2,130	710	22	11.3	8.3	0.00	51	32	CLASSE 3	54.2	-56.8	-1.0	106	32	CLASSE 3	CLASSE 3	
1.00	2,130	710	22	35.3	-7.7	-4.61	607	32	CLASSE 3	76.9	-72.4	-0.9	95	32	CLASSE 3	CLASSE 3	
2.00	2,130	710	22	58.4	-22.3	-2.62	295	32	CLASSE 3	98.5	-86.6	-0.9	90	32	CLASSE 3	CLASSE 3	
3.00	2,130	710	22	79.3	-35.6	-2.23	243	32	CLASSE 3	117.6	-99.5	-0.8	87	32	CLASSE 3	CLASSE 3	
4.00	2,130	710	22	98.2	-47.6	-2.06	222	32	CLASSE 3	134.5	-110.9	-0.8	86	32	CLASSE 3	CLASSE 3	
5.00	2,130	710	22	115.2	-58.2	-1.98	211	32	CLASSE 3	149.4	-121.0	-0.8	85	32	CLASSE 3	CLASSE 3	
6.00	2,130	710	22	130.2	-67.4	-1.93	205	32	CLASSE 3	162.2	-129.5	-0.8	84	32	CLASSE 3	CLASSE 3	
7.00	2,130	710	22	142.7	-75.1	-1.90	202	32	CLASSE 3	172.3	-136.5	-0.8	84	32	CLASSE 3	CLASSE 3	
8.00	2,140	713	22	156.1	-99.0	-1.58	163	32	CLASSE 3	181.9	-161.4	-0.9	91	32	CLASSE 3	CLASSE 3	
9.00	2,151	717	22	164.1	-104.2	-1.57	163	33	CLASSE 3	186.7	-165.7	-0.9	91	33	CLASSE 3	CLASSE 3	
10.00	2,162	721	22	170.0	-107.7	-1.58	163	33	CLASSE 3	189.4	-168.3	-0.9	91	33	CLASSE 3	CLASSE 3	
11.00	2,173	724	22	174.0	-109.6	-1.59	165	33	CLASSE 3	189.9	-169.2	-0.9	91	33	CLASSE 3	CLASSE 3	
12.00	2,184	728	22	175.7	-109.7	-1.60	166	33	CLASSE 3	188.0	-168.3	-0.9	91	33	CLASSE 3	CLASSE 3	
13.00	2,196	732	22	175.5	-108.2	-1.62	169	33	CLASSE 3	184.1	-165.7	-0.9	92	33	CLASSE 3	CLASSE 3	
14.00	2,207	736	22	173.8	-105.2	-1.65	172	33	CLASSE 3	178.5	-161.6	-0.9	92	33	CLASSE 3	CLASSE 3	
15.00	2,218	739	22	170.4	-100.8	-1.69	177	34	CLASSE 3	171.1	-156.0	-0.9	93	34	CLASSE 3	CLASSE 3	
16.00	2,229	743	22	165.4	-94.8	-1.74	183	34	CLASSE 3	162.0	-148.8	-0.9	93	34	CLASSE 3	CLASSE 3	
17.00	2,240	747	22	158.3	-87.2	-1.81	191	34	CLASSE 3	150.7	-140.0	-0.9	94	34	CLASSE 3	CLASSE 3	
18.00	2,251	750	22	149.6	-78.3	-1.91	203	34	CLASSE 3	137.6	-129.8	-0.9	95	34	CLASSE 3	CLASSE 3	
19.00	2,262	754	22	139.4	-67.9	-2.05	220	34	CLASSE 3	122.9	-118.1	-1.0	97	34	CLASSE 3	CLASSE 3	
20.00	2,273	758	22	127.8	-56.3	-2.27	248	34	CLASSE 3	106.7	-105.1	-1.0	99	34	CLASSE 3	CLASSE 3	
21.00	2,284	761	22	114.8	-43.3	-2.65	300	35	CLASSE 3	89.0	-90.7	-1.0	103	35	CLASSE 3	CLASSE 3	
22.00	2,296	765	22	100.0	-28.8	-3.47	420	35	CLASSE 3	69.3	-74.7	-1.1	109	35	CLASSE 3	CLASSE 3	
23.00	2,307	769	22	83.8	-13.1	-6.40	944	35	CLASSE 3	48.1	-57.5	-1.2	121	35	CLASSE 3	CLASSE 3	
24.00	2,318	773	22	-82.2	19.0	-0.23	58	35	CLASSE 3	-158.0	-47.8	0.3	44	35	CLASSE 3	CLASSE 3	
25.00	2,310	770	30	-74.6	29.0	-0.39	63	26	CLASSE 3	-136.9	-19.8	0.1	48	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
26.00	2,310	770	30	-85.7	42.8	-0.50	68	26	CLASSE 3	-153.1	-1.9	0.0	51	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
27.00	2,310	770	30	-98.7	58.6	-0.59	72	26	CLASSE 3	-171.3	18.1	-9.5	1622	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
28.00	2,310	770	30	-113.4	76.1	-0.67	76	26	CLASSE 3	-191.4	40.0	-4.8	639	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
29.00	2,310	770	30	-129.9	95.4	-0.73	80	26	CLASSE 3	-213.4	63.7	-3.3	401	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
30.00	2,310	770	30	-148.0	116.3	-0.79	83	26	CLASSE 3	-237.3	89.3	-2.7	301	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
31.00	2,310	770	30	-126.0	92.9	-0.74	80	26	CLASSE 3	-212.1	63.3	-3.4	402	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
32.00	2,310	770	30	-106.4	71.7	-0.67	76	26	CLASSE 3	-189.4	39.7	-4.8	636	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
33.00	2,310	770	30	-89.2	52.9	-0.59	72	26	CLASSE 3	-169.3	18.5	-9.1	1547	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
34.00	2,310	770	30	-76.3	37.9	-0.50	68	26	CLASSE 3	-153.6	1.3	####	67295	26	CLASSE 3	CLASSE 3	
35.00	2,330	777	22	-80.5	28.8	-0.36	62	35	CLASSE 3	-172.8	-20.9	0.1	48	35	CLASSE 3	CLASSE 3	
36.00	2,343	781	22	-67.9	13.6	-0.20	57	36	CLASSE 3	-156.9	-38.2	0.2	46	36	CLASSE 3	CLASSE 3	
37.00	2,356	785	22	-58.4	1.4	-0.02	52	36	CLASSE 3	-144.3	-52.5	0.4	43	36	CLASSE 3	CLASSE 3	
38.00	2,369	790	22	72.8	-5.1	-14.33	2928	36	CLASSE 3	33.0	-46.6	-1.4	144	36	CLASSE 3	CLASSE 3	
39.00	2,382	794	22	85.2	-14.3	-5.95	855	36	CLASSE 3	46.7	-56.1	-1.2	122	36	CLASSE 3	CLASSE 3	
40.00	2,395	798	22	96.5	-22.4	-4.32	557	36	CLASSE 3	59.2	-64.4	-1.1	110	36	CLASSE 3	CLASSE 3	
41.00	2,407	802	22	106.6	-29.1	-3.66	450	36	CLASSE 3	70.2	-71.4	-1.0	103	36	CLASSE 3	CLASSE 3	
42.00	2,420	807	22	114.9	-34.6	-3.32	398	37	CLASSE 3	79.3	-77.0	-1.0	98	37	CLASSE 3	CLASSE 3	
43.00	2,433	811	22	121.8	-38.8	-3.14	370	37	CLASSE 3	86.8	-81.4	-0.9	95	37	CLASSE 3	CLASSE 3	

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Progressiva	GEOMETRIA			STATO TENSIONALE						STATO TENSIONALE						
				2° FASE						3° FASE						
	Anima			TRAVE						TRAVE						
x	h <sub>anima</sub>	h <sub>anima + irrigimento</sub>	tw	σ <sub>A</sub>	σ <sub>D</sub>	ψ	c/t LIM	c/t	CLASSE	σ <sub>A</sub>	σ <sub>D</sub>	ψ	c/t LIM	c/t	CLASSE	CLASSE
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )					(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )					
44.00	2,446	815	22	127.4	-41.9	-3.04	355	37	CLASSE 3	92.9	-84.6	-0.9	92	37	CLASSE 3	CLASSE 3
45.00	2,459	820	22	131.6	-43.9	-3.00	349	37	CLASSE 3	97.4	-86.6	-0.9	91	37	CLASSE 3	CLASSE 3
46.00	2,472	824	22	134.6	-44.7	-3.01	351	37	CLASSE 3	100.5	-87.4	-0.9	89	37	CLASSE 3	CLASSE 3
47.00	2,485	828	22	135.9	-44.3	-3.07	359	38	CLASSE 3	101.8	-86.9	-0.9	88	38	CLASSE 3	CLASSE 3
48.00	2,498	833	22	135.9	-42.9	-3.17	375	38	CLASSE 3	101.7	-85.4	-0.8	87	38	CLASSE 3	CLASSE 3
49.00	2,511	837	22	134.6	-40.4	-3.34	399	38	CLASSE 3	100.2	-82.8	-0.8	86	38	CLASSE 3	CLASSE 3
50.00	2,524	841	22	132.1	-36.8	-3.59	438	38	CLASSE 3	97.6	-79.1	-0.8	85	38	CLASSE 3	CLASSE 3
51.00	2,536	845	22	128.5	-32.3	-3.98	501	38	CLASSE 3	93.6	-74.4	-0.8	84	38	CLASSE 3	CLASSE 3
52.00	2,549	850	22	123.2	-26.6	-4.64	612	39	CLASSE 3	87.9	-68.5	-0.8	83	39	CLASSE 3	CLASSE 3
53.00	2,562	854	22	116.7	-19.9	-5.86	838	39	CLASSE 3	80.7	-61.6	-0.8	82	39	CLASSE 3	CLASSE 3
54.00	2,575	858	22	109.1	-12.3	-8.86	1481	39	CLASSE 3	72.3	-53.7	-0.7	80	39	CLASSE 3	CLASSE 3
55.00	2,588	863	22	100.3	-3.8	-26.50	7142	39	CLASSE 3	62.6	-44.8	-0.7	79	39	CLASSE 3	CLASSE 3
56.00	2,601	867	22	-97.5	35.1	-0.36	62	39	CLASSE 3	-163.9	-28.9	0.2	47	39	CLASSE 3	CLASSE 3
57.00	2,614	871	22	-107.6	47.5	-0.44	65	40	CLASSE 3	-174.9	-15.6	0.1	49	40	CLASSE 3	CLASSE 3
58.00	2,627	876	22	-118.5	60.8	-0.51	68	40	CLASSE 3	-187.3	-0.8	0.0	51	40	CLASSE 3	CLASSE 3
59.00	2,640	880	22	-129.9	75.0	-0.58	71	40	CLASSE 3	-200.5	14.9	-13.4	2667	40	CLASSE 3	CLASSE 3
60.00	2,653	884	22	-141.9	89.9	-0.63	74	40	CLASSE 3	-214.5	31.6	-6.8	1025	40	CLASSE 3	CLASSE 3
61.00	2,665	888	22	-154.6	105.8	-0.68	77	40	CLASSE 3	-229.4	49.3	-4.7	616	40	CLASSE 3	CLASSE 3
62.00	2,678	893	22	-168.2	122.7	-0.73	80	41	CLASSE 3	-245.2	68.0	-3.6	441	41	CLASSE 3	CLASSE 3
63.00	2,691	897	22	-182.5	140.4	-0.77	82	41	CLASSE 3	-261.9	87.8	-3.0	347	41	CLASSE 3	CLASSE 3
64.00	2,704	901	22	-197.7	159.3	-0.81	85	41	CLASSE 3	-279.7	108.8	-2.6	289	41	CLASSE 3	CLASSE 3
65.00	2,690	897	30	-150.4	128.7	-0.86	88	30	CLASSE 3	-212.7	94.0	-2.3	248	30	CLASSE 3	CLASSE 3
66.00	2,690	897	30	-163.6	144.5	-0.88	90	30	CLASSE 3	-228.1	111.7	-2.0	219	30	CLASSE 3	CLASSE 3
67.00	2,690	897	30	-178.2	161.8	-0.91	92	30	CLASSE 3	-245.0	130.9	-1.9	198	30	CLASSE 3	CLASSE 3
68.00	2,690	897	30	-194.0	180.3	-0.93	94	30	CLASSE 3	-263.3	151.5	-1.7	182	30	CLASSE 3	CLASSE 3
69.00	2,690	897	30	-211.1	200.1	-0.95	96	30	CLASSE 3	-282.9	173.5	-1.6	169	30	CLASSE 3	CLASSE 3
70.00	2,690	897	30	-229.4	221.2	-0.96	97	30	CLASSE 3	-303.9	196.9	-1.5	159	30	CLASSE 3	CLASSE 3
71.00	2,690	897	30	-204.5	193.1	-0.94	95	30	CLASSE 3	-275.8	166.2	-1.7	173	30	CLASSE 3	CLASSE 3
72.00	2,690	897	30	-181.4	166.9	-0.92	93	30	CLASSE 3	-249.7	137.3	-1.8	192	30	CLASSE 3	CLASSE 3
73.00	2,690	897	30	-159.5	141.9	-0.89	91	30	CLASSE 3	-224.9	109.8	-2.0	220	30	CLASSE 3	CLASSE 3
74.00	2,690	897	30	-138.7	118.1	-0.85	88	30	CLASSE 3	-201.3	83.6	-2.4	267	30	CLASSE 3	CLASSE 3
75.00	2,710	903	22	-144.2	114.9	-0.80	84	41	CLASSE 3	-217.0	68.9	-3.2	372	41	CLASSE 3	CLASSE 3
76.00	2,710	903	22	-122.2	89.2	-0.73	80	41	CLASSE 3	-191.8	40.6	-4.7	627	41	CLASSE 3	CLASSE 3
77.00	2,710	903	22	-104.0	66.9	-0.64	75	41	CLASSE 3	-170.5	15.8	-10.8	1951	41	CLASSE 3	CLASSE 3
78.00	2,710	903	22	-87.1	45.9	-0.53	69	41	CLASSE 3	-150.8	-7.4	0.0	50	41	CLASSE 3	CLASSE 3
79.00	2,710	903	22	-71.4	26.3	-0.37	62	41	CLASSE 3	-132.3	-29.3	0.2	46	41	CLASSE 3	CLASSE 3
80.00	2,710	903	22	-56.8	7.9	-0.14	55	41	CLASSE 3	-115.1	-49.8	0.4	42	41	CLASSE 3	CLASSE 3
81.00	2,710	903	22	71.1	-13.7	-5.18	710	41	CLASSE 3	41.7	-54.0	-1.3	132	41	CLASSE 3	CLASSE 3
82.00	2,710	903	22	86.1	-28.2	-3.05	357	41	CLASSE 3	58.4	-69.1	-1.2	120	41	CLASSE 3	CLASSE 3
83.00	2,710	903	22	100.9	-42.0	-2.40	266	41	CLASSE 3	74.8	-83.5	-1.1	113	41	CLASSE 3	CLASSE 3
84.00	2,710	903	22	115.2	-55.1	-2.09	225	41	CLASSE 3	90.7	-97.1	-1.1	108	41	CLASSE 3	CLASSE 3
85.00	2,710	903	22	129.0	-67.4	-1.91	203	41	CLASSE 3	105.8	-109.9	-1.0	105	41	CLASSE 3	CLASSE 3
86.00	2,710	903	22	142.0	-78.9	-1.80	190	41	CLASSE 3	120.1	-121.8	-1.0	102	41	CLASSE 3	CLASSE 3
87.00	2,710	903	22	154.0	-89.5	-1.72	180	41	CLASSE 3	133.2	-132.8	-1.0	100	41	CLASSE 3	CLASSE 3
88.00	2,710	903	22	165.1	-99.2	-1.66	173	41	CLASSE 3	145.3	-142.9	-1.0	99	41	CLASSE 3	CLASSE 3
89.00	2,710	903	22	175.4	-108.2	-1.62	168	41	CLASSE 3	156.4	-152.2	-1.0	98	41	CLASSE 3	CLASSE 3

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Progressiva	GEOMETRIA			STATO TENSIONALE						STATO TENSIONALE						
				2° FASE						3° FASE						
	Anima			TRAVE						TRAVE						
x	h <sub>anima</sub>	h <sub>anima + irrigimento</sub>	tw	σ <sub>A</sub>	σ <sub>D</sub>	ψ	c/t LIM	c/t	CLASSE	σ <sub>A</sub>	σ <sub>D</sub>	ψ	c/t LIM	c/t	CLASSE	CLASSE
[m]	[mm]	[mm]	[mm]	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )					(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )					
90.00	2,710	903	22	184.8	-116.4	-1.59	164	41	CLASSE 3	166.7	-160.7	-1.0	97	41	CLASSE 3	CLASSE 3
91.00	2,710	903	22	193.4	-123.8	-1.56	162	41	CLASSE 3	176.3	-168.4	-1.0	96	41	CLASSE 3	CLASSE 3
92.00	2,710	903	22	201.0	-130.2	-1.54	159	41	CLASSE 3	184.7	-175.1	-0.9	96	41	CLASSE 3	CLASSE 3
93.00	2,710	903	22	207.6	-135.8	-1.53	158	41	CLASSE 3	192.1	-181.0	-0.9	95	41	CLASSE 3	CLASSE 3
94.00	2,710	903	22	213.4	-140.7	-1.52	156	41	CLASSE 3	198.5	-186.1	-0.9	95	41	CLASSE 3	CLASSE 3
95.00	2,710	903	22	218.3	-144.7	-1.51	155	41	CLASSE 3	203.9	-190.3	-0.9	94	41	CLASSE 3	CLASSE 3
96.00	2,710	903	22	222.4	-147.9	-1.50	155	41	CLASSE 3	208.3	-193.6	-0.9	94	41	CLASSE 3	CLASSE 3
97.00	2,710	903	22	225.4	-150.2	-1.50	155	41	CLASSE 3	211.6	-196.0	-0.9	94	41	CLASSE 3	CLASSE 3
98.00	2,710	903	22	227.4	-151.6	-1.50	154	41	CLASSE 3	213.8	-197.5	-0.9	94	41	CLASSE 3	CLASSE 3
99.00	2,710	903	22	228.6	-152.3	-1.50	155	41	CLASSE 3	214.9	-198.2	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
100.00	2,710	903	22	228.9	-152.2	-1.50	155	41	CLASSE 3	215.1	-198.0	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
101.00	2,710	903	22	228.4	-151.2	-1.51	156	41	CLASSE 3	214.4	-196.9	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
102.00	2,710	903	22	226.7	-149.3	-1.52	157	41	CLASSE 3	212.4	-194.9	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
103.00	2,710	903	22	224.1	-146.6	-1.53	158	41	CLASSE 3	209.4	-192.1	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
104.00	2,710	903	22	220.6	-143.1	-1.54	159	41	CLASSE 3	205.3	-188.4	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
105.00	2,710	903	22	216.3	-138.8	-1.56	161	41	CLASSE 3	200.2	-183.8	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
106.00	2,710	903	22	211.1	-133.7	-1.58	164	41	CLASSE 3	194.3	-178.4	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
107.00	2,710	903	22	204.8	-127.6	-1.60	166	41	CLASSE 3	187.1	-172.0	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
108.00	2,710	903	22	197.6	-120.7	-1.64	170	41	CLASSE 3	178.8	-164.8	-0.9	93	41	CLASSE 3	CLASSE 3
109.00	2,710	903	22	189.4	-113.1	-1.68	175	41	CLASSE 3	169.5	-156.7	-0.9	94	41	CLASSE 3	CLASSE 3
110.00	2,710	903	22	180.4	-104.6	-1.72	181	41	CLASSE 3	159.3	-147.8	-0.9	94	41	CLASSE 3	CLASSE 3

### 9.3 VERIFICHE 1<sup>A</sup> FASE

In tale fase si riportano le tensioni relative alle travi principali al lembo superiore ed inferiore. La soletta di calcestruzzo in questa fase è presente esclusivamente come carico.

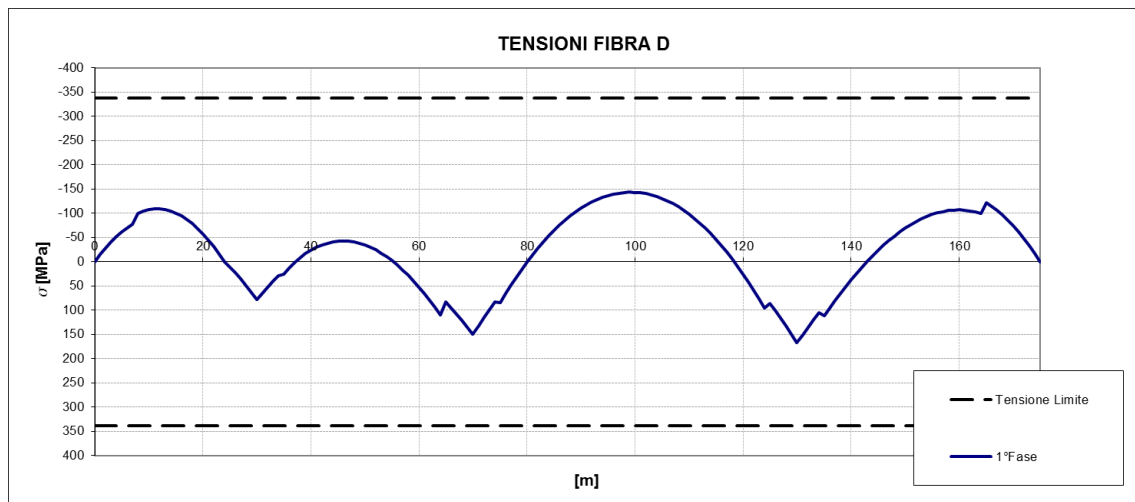
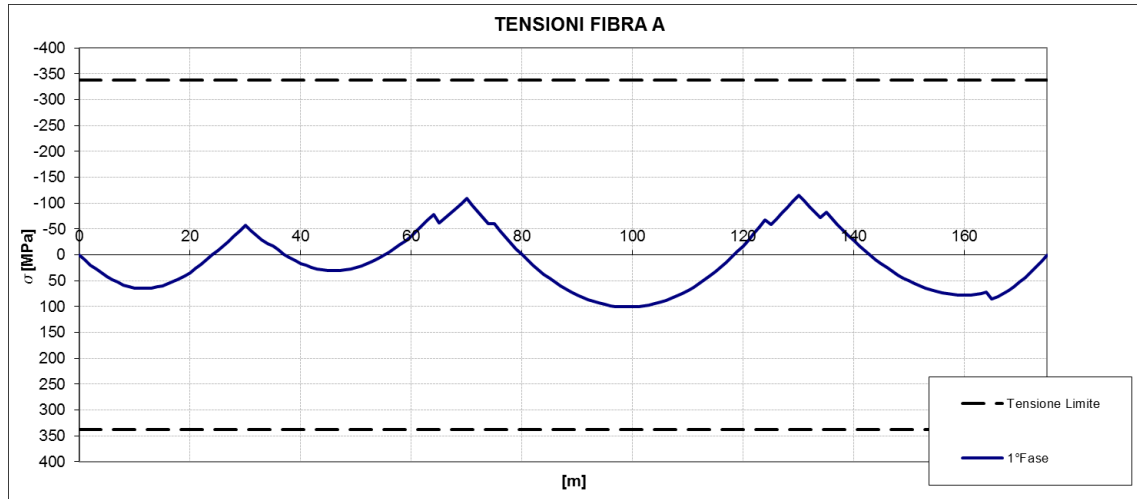


Figura 19 Peso travi + Peso Soletta (Tensioni normali)



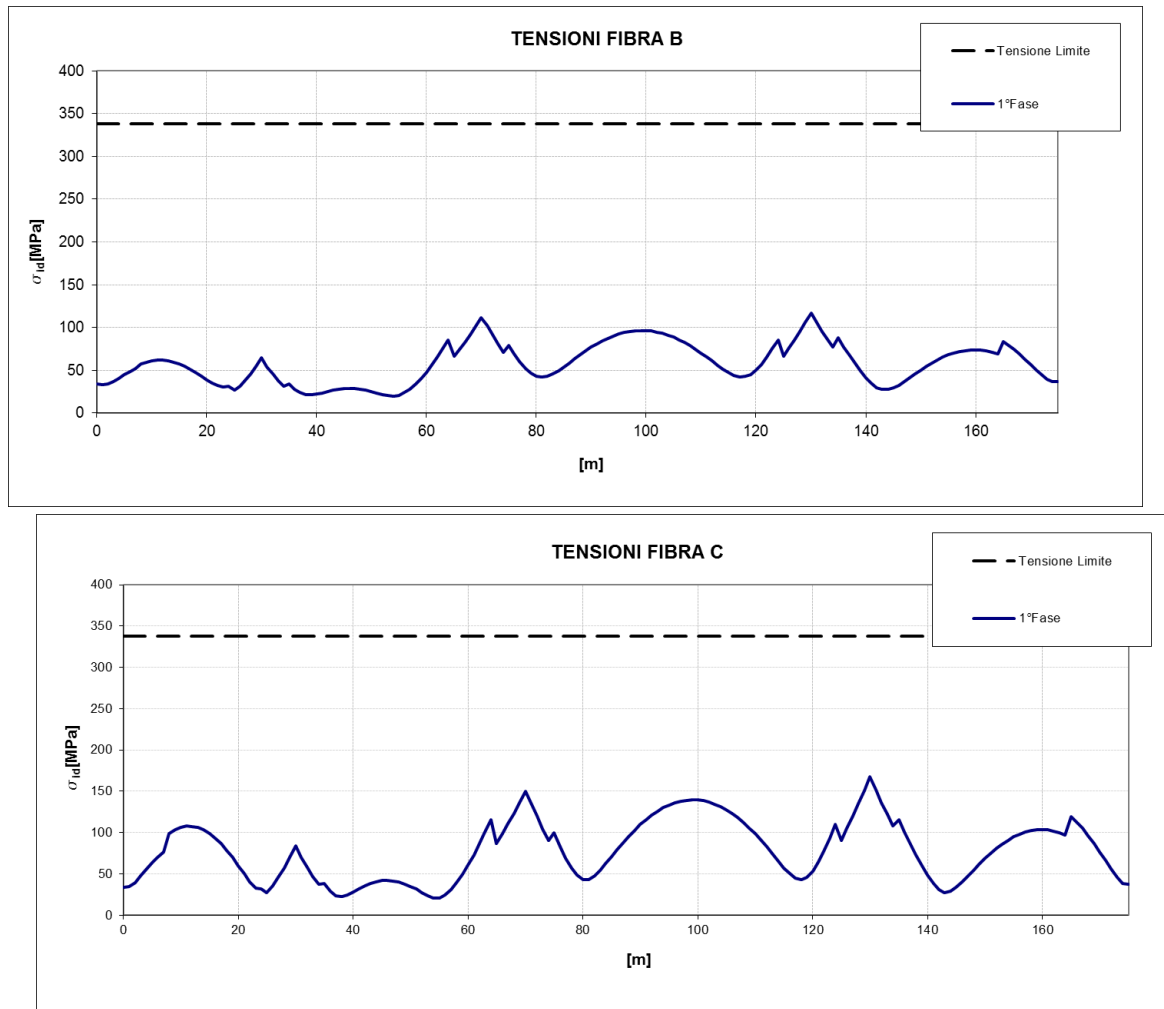


Figura 20 Peso travi + Peso Soletta (Tensioni ideali)

Le tensioni indotte sugli elementi strutturali sono inferiori ai rispettivi valori limite.

### 9.4 VERIFICHE 2<sup>A</sup> FASE (TEMPO T<sub>0</sub>)

In tale fase si riportano le tensioni relative alle travi principali al lembo superiore ed inferiore con riferimento ai carichi di 2a fase. Si riportano per le travi principali le tensioni normali, tangenziali ed ideali. Alle tensioni, riportate nei diagrammi seguenti, è stato già sommato lo stato tensionale indotto dai carichi di 1a fase.

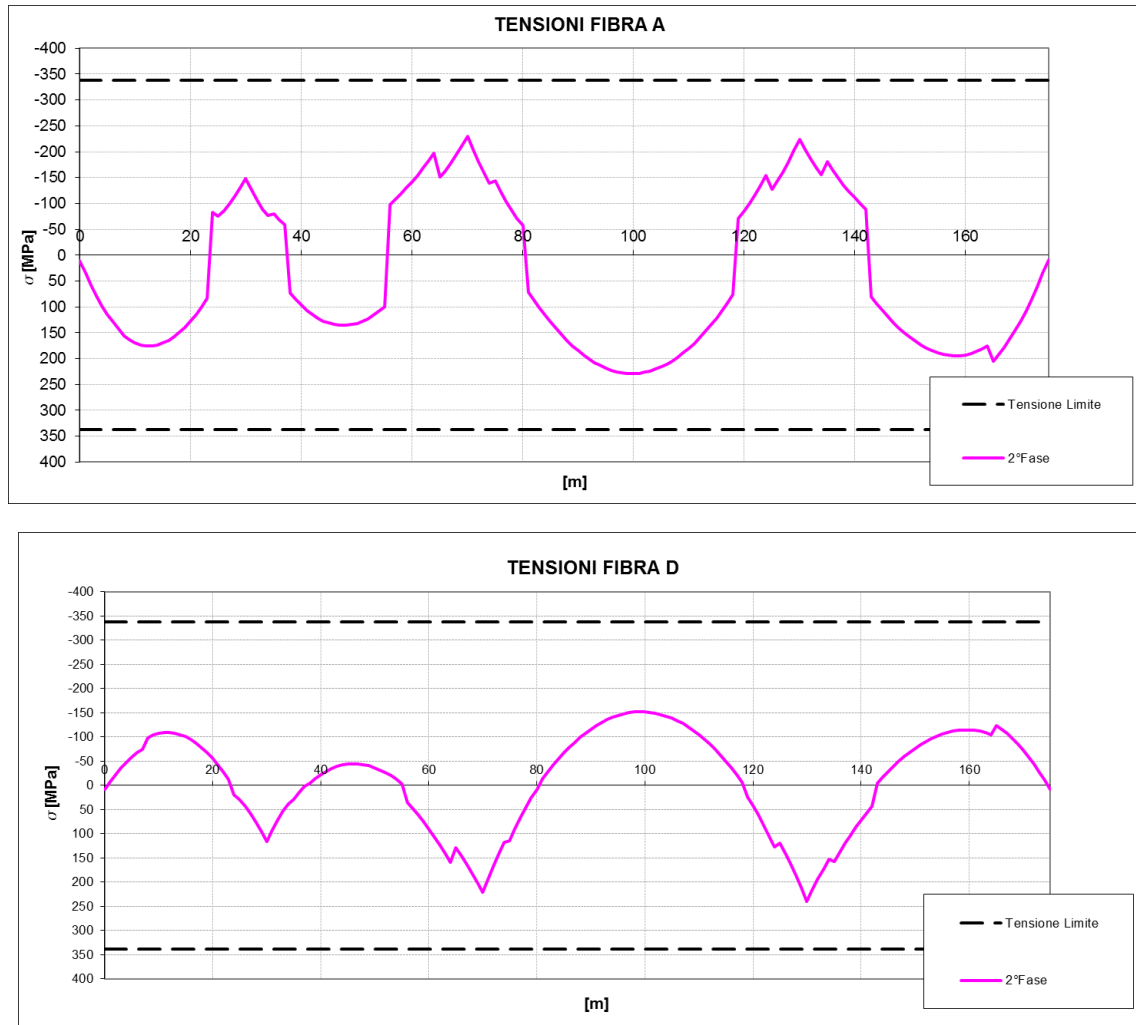


Figura 21 Involuppo tensioni normali

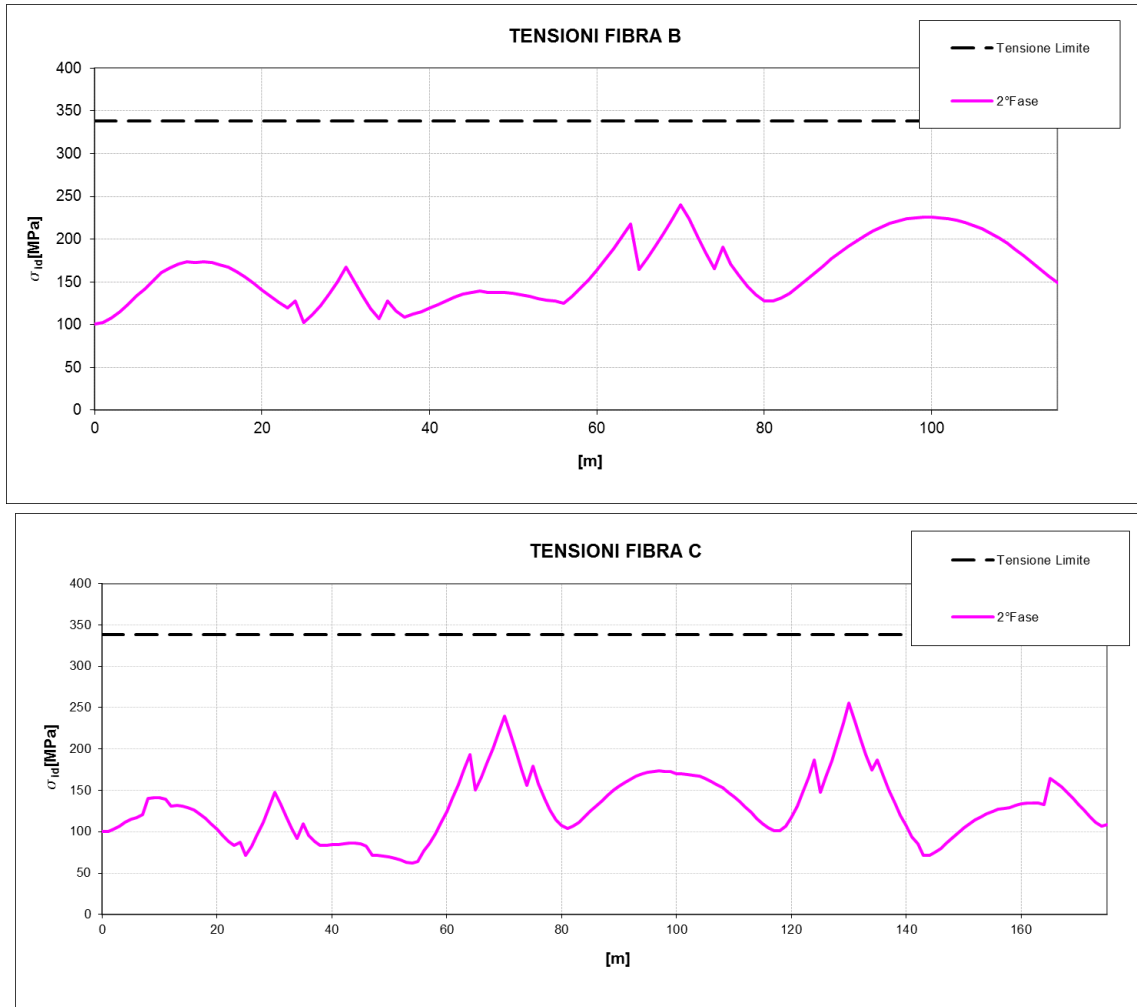


Figura 22 Involuppo tensioni ideali

### 9.5 VERIFICHE 2<sup>A</sup> FASE (TEMPO T<sub>∞</sub>)

In tale fase si riportano le tensioni relative alle travi principali al lembo superiore ed inferiore. Si riportano per le travi principali le tensioni normali ed ideali.

Alle tensioni, riportate nei diagrammi seguenti, è stato già sommato lo stato tensionale indotto dai carichi.

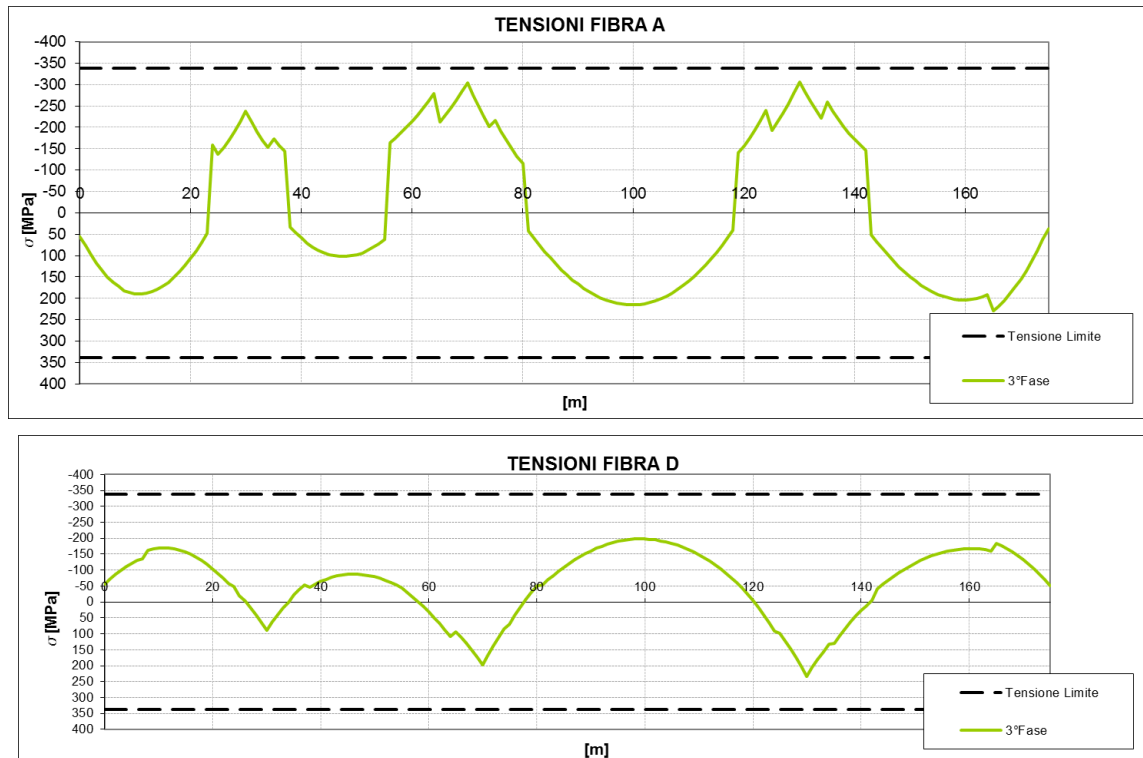


Figura 23 Involuppo tensioni normali

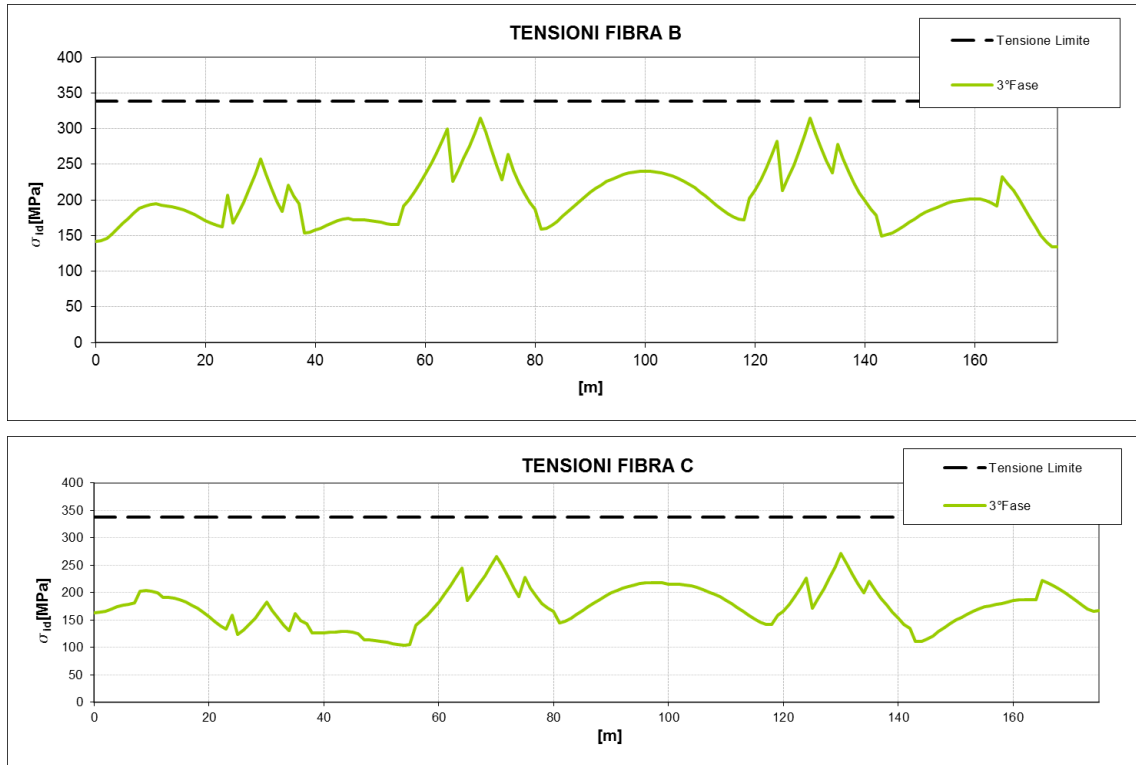


Figura 24 Involuppo tensioni ideali

## 9.6 VERIFICHE DI INSTABILITÀ

Al fine di evitare fenomeni di instabilità nelle strutture principali di acciaio sono stati disposti opportuni irrigidimenti trasversali e longitudinali. Questi suddividono l'anima in campi di passo costante ed altezza variabile. Si riporta di seguito la verifica nel campo maggiormente sollecitato. Per completezza si riporta in forma tabellare la verifica di tutti i pannelli dell'impalcato.

### Sezione progressiva 70m

In questa sezione è presente un irrigidimento longitudinale che divide la trave in tre campi di altezza uguale. La tensioni utilizzate nella verifica sono:

$\sigma_{sup} = 188.0$ Mpa (compr.)	tensione all'estradosso della trave
$\sigma_{inf} = -293.1$ Mpa (traz.)	tensione all'intradosso della trave
$\tau = 61.1$ Mpa	tensione tangenziale
$a = 5.0$ m	passo longitudinale del campo
$h = 900$ mm	altezza del campo
$\sigma_1 = -293.1$ Mpa (compr.)	tensione all'estradosso del campo
$\sigma_2 = 132.8$ (compr.)	tensione all'intradosso del campo
$\sigma_{1,id} = 311.7$ Mpa	massima tensione ideale nel campo
$\alpha = a/h = 5.58$	rapporto di forma lunghezza/altezza
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1 = 0.45$	rapporto di tensione
$k_\sigma = 5.41$	coefficiente di imbozzamento
$\sigma_{cr,o} = 208.43$ Mpa	tensione di riferimento
$\sigma_{cr} = k_\sigma \times \sigma_{cr,o} = 1127.46$ Mpa	tensione critica
$\sigma_{cr,id} = 1141.43$ Mpa	tensione critica ideale

essendo  $\sigma_{cr} > 0.8 \cdot f_d$  (258.2 Mpa) per la verifica si utilizza una tensione critica ridotta con un valore pari a

$\sigma_{cr,red} = 319.6$ Mpa	tensione critica ideale ridotta
$\sigma_{cr,red} / \sigma_{1,id} = 1.03 \geq \beta_v = 1$	

La verifica risulta soddisfatta.









RELAZIONE DI CALCOLO

x	a	h	h <sub>anima</sub>	t <sub>w</sub>	σ <sub>1</sub>	σ <sub>2</sub>	τ	σ <sub>id</sub>	ψ	α	k <sub>σ</sub>	k <sub>τ</sub>	σ <sub>cr,0</sub>	σ <sub>cr</sub>	τ <sub>cr</sub>	σ <sub>cr,id</sub>	0.8f <sub>d</sub>	σ <sub>cr,red</sub>	VERIFICA	
[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )					(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )		
150.00	5	0.84	2516	30	-117.3	57.1	35.7	132.5	-0.49	5.96	II	13.05	4.36	238.26	3110.31	1039.28	2531.84	258.2	322.1	2.43
151.00	5	0.83	2504	30	-125.3	61.0	33.4	138.0	-0.49	5.99	II	13.06	4.36	240.54	3140.52	1049.06	2640.95	258.2	322.1	2.33
152.00	5	0.83	2491	30	-132.6	64.5	31.5	143.4	-0.49	6.02	II	13.05	4.36	243.06	3171.91	1059.81	2736.83	258.2	322.2	2.25
153.00	5	0.83	2478	30	-139.1	67.6	29.6	148.3	-0.49	6.05	II	13.04	4.36	245.62	3202.81	1070.73	2825.44	258.2	322.2	2.17
154.00	5	0.82	2465	30	-144.8	70.2	27.8	152.6	-0.49	6.09	II	13.03	4.36	248.22	3233.65	1081.83	2907.69	258.2	322.2	2.11
155.00	5	0.82	2452	30	-149.8	72.5	25.9	156.4	-0.48	6.12	II	13.01	4.36	250.86	3264.48	1093.11	2984.53	258.2	322.3	2.06
156.00	5	0.81	2439	30	-153.9	74.4	23.7	159.3	-0.48	6.15	II	13.01	4.36	253.54	3297.74	1104.56	3063.39	258.2	322.3	2.02
157.00	5	0.81	2426	30	-157.1	75.8	21.8	161.5	-0.48	6.18	II	12.99	4.36	256.26	3327.76	1116.20	3130.66	258.2	322.3	2.00
158.00	5	0.80	2413	30	-159.4	76.6	19.8	163.1	-0.48	6.22	II	12.96	4.35	259.03	3356.82	1128.03	3192.76	258.2	322.3	1.98
159.00	5	0.80	2400	30	-160.9	77.0	19.9	164.6	-0.48	6.25	II	12.93	4.35	261.84	3384.97	1140.05	3222.78	258.2	322.3	1.96
160.00	5	0.80	2387	30	-161.5	77.0	21.5	165.8	-0.48	6.28	II	12.89	4.35	264.70	3412.18	1152.26	3226.55	258.2	322.3	1.94
161.00	5	0.79	2375	30	-161.2	76.4	23.2	166.1	-0.47	6.32	II	12.86	4.35	267.39	3437.91	1163.72	3225.37	258.2	322.3	1.94
162.00	5	0.79	2362	30	-159.8	75.3	25.0	165.6	-0.47	6.35	II	12.80	4.35	270.34	3461.46	1176.33	3218.28	258.2	322.3	1.95
163.00	5	0.78	2349	30	-157.6	73.6	26.8	164.3	-0.47	6.39	II	12.74	4.35	273.34	3482.16	1189.15	3204.67	258.2	322.3	1.96
164.00	5	0.78	2336	30	-154.4	71.3	28.6	162.1	-0.46	6.42	II	12.66	4.35	276.39	3499.76	1202.18	3183.95	258.2	322.3	1.99
165.00	5	0.78	2330	25	-178.8	88.8	36.5	189.6	-0.50	6.44	II	13.22	4.35	192.93	2550.03	839.08	2258.41	258.2	321.9	1.70
166.00	5	0.78	2330	25	-171.4	84.1	38.7	184.1	-0.49	6.44	II	13.12	4.35	192.93	2530.73	839.08	2201.19	258.2	321.9	1.75
167.00	5	0.78	2330	25	-162.7	78.4	40.9	177.5	-0.48	6.44	II	12.97	4.35	192.93	2502.81	839.08	2135.25	258.2	321.8	1.81
168.00	5	1.17	2330	25	-152.9	15.7	43.1	170.1	-0.10	4.29	II	8.39	4.45	85.74	719.10	381.20	687.02	258.2	314.0	1.85
169.00	5	1.17	2330	25	-141.9	13.1	45.4	162.2	-0.09	4.29	II	8.30	4.45	85.74	711.74	381.20	675.93	258.2	313.7	1.93
170.00	5	1.17	2330	25	-129.7	10.3	47.7	153.8	-0.08	4.29	II	8.19	4.45	85.74	702.61	381.20	663.34	258.2	313.3	2.04
171.00	5	1.17	2330	25	-116.4	7.3	50.9	146.0	-0.06	4.29	II	8.07	4.45	85.74	691.72	381.20	649.02	258.2	312.9	2.14
172.00	5	1.17	2330	25	-101.7	3.7	53.6	137.7	-0.04	4.29	II	7.88	4.45	85.74	675.55	381.20	633.26	258.2	312.4	2.27
173.00	5	1.17	2330	25	-85.9	-0.2	56.9	130.7	0.00	4.29	I	7.62	4.45	85.74	653.66	381.20	617.40	258.2	311.8	2.39
174.00	5	1.17	2330	25	-68.9	-4.3	60.2	125.0	0.06	4.29	I	7.23	4.45	85.74	619.77	381.20	602.88	258.2	311.3	2.49
175.00	5	1.17	2330	25	-50.9	-7.8	63.5	121.2	0.15	4.29	I	6.71	4.45	85.74	575.05	381.20	595.22	258.2	311.0	2.57

### 9.6.1 Verifiche di instabilità presso – torsionali

La verifica viene eseguita in fase di getto della soletta. In questa condizione la piattabanda superiore compressa, non essendo vincolata dal getto superiore in calcestruzzo, tende ad instabilizzarsi. La verifica viene svolta secondo le formule dell'Eurocodice 3 cap. 5.5.2 e 5.5.4, considerando agenti sulla trave il peso della soletta nella Fase di Getto 1. Si adotta lo schema di trave continua su più appoggi; i trasversi vengono considerati come vincoli torsionali.

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \beta_w W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} \quad [5.48]$$

dove:  $\beta_w =$  1 per sezioni trasversali di classe 1 o classe 2;

$\beta_w = W_{el,y} / W_{pl,y}$  per sezioni trasversali di classe 3;

$\beta_w = W_{eff,y} / W_{pl,y}$  per sezioni trasversali di classe 4;

$\chi_{LT}$  è il coefficiente di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale.

(2) Il valore di  $\chi_{LT}$  per la snellezza adimensionale appropriata  $\bar{\lambda}_{LT}$  può essere determinato dalla equazione:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + [\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2]^{0,5}} \quad \text{con la limitazione} \quad \chi_{LT} \leq 1 \quad [5.49]$$

nella quale:

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

Per sezioni di classe 1 e 2:

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{min} A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad [5.51]$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_z A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{\chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad [5.52]$$

Per sezioni di classe 3:

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{min} A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad [5.53]$$

Per sezioni di classe 4:

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{min} A_{eff} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y (M_{y,Sd} + N_{Sd} e_{Ny})}{W_{eff,y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z (M_{z,Sd} + N_{Sd} e_{Nz})}{W_{eff,z} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad [5.56]$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_z A_{eff} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} (M_{y,Sd} + N_{Sd} e_{Ny})}{\chi_{LT} W_{eff,y} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z (M_{z,Sd} + N_{Sd} e_{Nz})}{W_{eff,z} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad [5.57]$$

**Trave principale VI**

Acciaio **S355 (Fe510)**  $f_y$  (N/mm<sup>2</sup>) **355**

$z_a$  [mm] **0.0**     $L$  [m] **5** =  $I_{Oz}$  [m]

Coefficients C

? Momenti all'estremità    ? Carichi trasversali

$C_1$  **1.0**     $C_2$  **0.0**     $C_3$  **1**

Coefficients di lunghezza efficace

$k$  **1.0**     $k_\psi$  **0.5**

Momento resistente di progetto all'instabilità flessio-torsionale (solo My) - EC3 #5.5.2.

$M_{cr}$  [kNm] = **574,532**,     $M_{c,Rd}$  [kNm] = **42,746**

$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{c,Rd} \gamma_{M0}}{M_{cr}}} = 0.280$      $\chi_{LT} = 1$      $M_{b,Rd}$  [kNm] = **42,746**

---

Resistenza all'instabilità flessio torsionale (flessione e compressione)- Classe 3 - EC3 #5.5.4. (4)

$N_{Sd}$  [kN] **0.0**     $M_{y,Sd}$  [kNm] **10604**     $M_{z,Sd}$  [kNm] **0.0**

$$\frac{N_{Sd}}{N_{bz,Rd}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = \frac{0}{41,892} + \frac{1 \times 10,604}{42,746} + \frac{1 \times 0}{6,303}$$

= **0 + 0.248 + 0 = 0.248**    OK

## 10 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI SECONDARI

I diaframmi correnti sono realizzati con travi a doppio T, saldate alle travi principali, con passo di 5 metri. I controventi concentrici di piano sono invece realizzati con profili angolari accoppiati 2L 100x10. I trasversi correnti sono calcolati sulla base dei risultati forniti dal modello di calcolo.

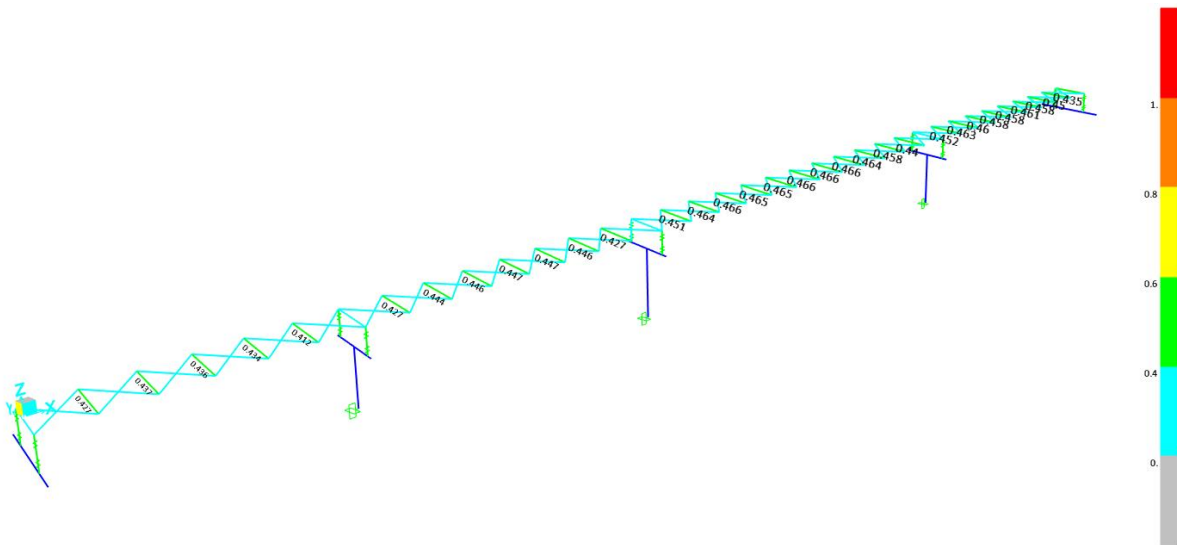
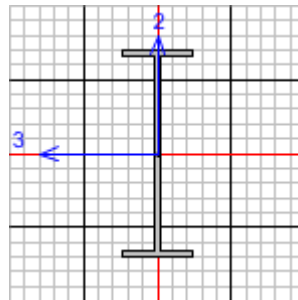


Figura 25 Andamento delle verifiche dei diaframmi

### 10.1 TRASVERSO PILA



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 288	X Mid: 130.	Combo: ENV_SLU/SLV	Design Type: Beam
Length: 6.242	Y Mid: 0.	Shape: H1500	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.48	Z Mid: -0.36	Class: Class 1	Rolled : No

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes		
Ignore Seismic Code? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes

RELAZIONE DI CALCOLO

GammaM0=1. q0=1. An/Ag=1.	GammaM1=1. Omega=1. RLLF=1.	GammaM2=1.25 GammaRd=1.12 PLLF=0.75	D/C Lim=0.95
Aeff=0.083 A=0.083 It=3.287E-05 Iw=4.458E-04 E=210000000.	eNy=0. Iyy=0.028 Izz=8.365E-04 Iyz=0. fy=350000.	eNz=0. iyy=0.587 izz=0.101 h=1.5 fu=510000.	Wel, yy=0.038 Wel, zz=0.003 Wpl, yy=0.044 Wpl, zz=0.005
			Weff, yy=0.038 Weff, zz=0.003 Av, y=0.04 Av, z=0.043

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.48	-160.218	612.429	119.106	145.838	40.741	-0.459

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio:  $0.28 = 0.008 + 0.201 + 0.071 < 0.95$  OK  
 $= \text{NED} / (\text{Chi}_z \text{NRK} / \text{GammaM1}) + \text{kzy} (\text{My}, \text{Ed} + \text{NED} \text{eNy}) / (\text{Chi}_{\text{LT}} \text{My}, \text{Rk} / \text{GammaM1}) + \text{kzz} (\text{Mz}, \text{Ed} + \text{NED} \text{eNz}) / (\text{Mz}, \text{Rk} / \text{GammaM1})$  (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc, Rd Capacity	Nt, Rd Capacity				
Axial	-160.218	28910.	28910.				
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag		
	28910.	30330.72	74298.918	74298.918	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b	0.34	1515071.006	0.138	0.499	1.	28910.
MajorB(y-y)	b	0.34	1515071.006	0.138	0.499	1.	28910.
Minor (z-z)	c	0.49	44502.096	0.806	0.973	0.658	19034.
MinorB(z-z)	c	0.49	44502.096	0.806	0.973	0.658	19034.
Torsional TF	c	0.49	74298.918	0.624	0.798	0.771	22295.4

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment			
Major (y-y)	612.429	1836.576	1196.185	1555.041			
Minor (z-z)	119.106	140.69	128.999	131.337			
	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity			
Major (y-y)	15513.05	15513.05	15513.05	9131.15			
Minor (z-z)	1861.825	1861.825	1861.825				
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
	d	0.76	0.786	1.031	0.589	4.458E-04	25137.555
Factors	kw	Psi	C2	C3			
	1.	1.132	0.459	0.525			
	za	zs	zg	zz	zj		
	0.75	0.	0.75	0.	0.		
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0.726	0.565	0.999	0.941			

SHEAR DESIGN

Ved Force	Ted Torsion	Vpl, Rd Capacity	Reduction Factor	Stress Ratio	Status Check
--------------	----------------	---------------------	---------------------	-----------------	-----------------

RELAZIONE DI CALCOLO

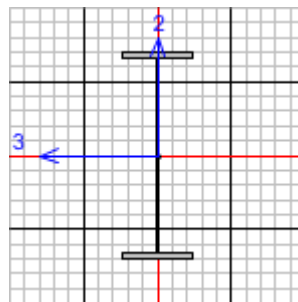
Major (z)	501.359	0.73	8608.289	0.999	0.058	OK
Minor (y)	42.008	0.73	8082.9	0.999	0.005	OK

Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
	8608.289	1.	0.618

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	505.481	451.906

10.2 TRASVERSO SPALLA



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 387 X Mid: 175. Combo: ENV\_SLU/SLV Design Type: Beam  
Length: 6.242 Y Mid: 0. Shape: H1200 Frame Type: Non Dissipative  
Loc : 6.242 Z Mid: -0.36 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No  
Consider Torsion? Yes Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded?  
Yes

GammaM0=1. GammaM1=1. GammaM2=1.25  
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.12  
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.054 eNy=0. eNz=0.  
A=0.054 Iyy=0.013 iyy=0.491 Wel,yy=0.022 Weff,yy=0.022  
It=1.894E-05 Izz=4.274E-04 izz=0.089 Wel,zz=0.002 Weff,zz=0.002  
Iw=1.438E-04 Iyz=0. h=1.2 Wpl,yy=0.025 Av,y=0.032  
E=210000000. fy=350000. fu=510000. Wpl,zz=0.003 Av,z=0.022

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
6.242	-102.412	-617.436	72.49	206.889	-22.901	-0.158

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)  
D/C Ratio: 0.435 = 0.009 + 0.377 + 0.049 < 0.95 OK  
= NEd/(Chi\_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NED eNy)/(Chi\_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NED eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

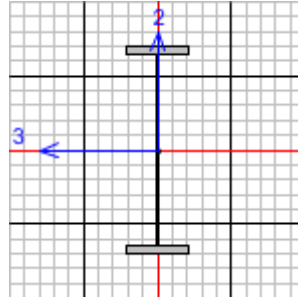
Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
-----	-------	-------

RELAZIONE DI CALCOLO

Axial		Force -102.412	Capacity 19040.	Capacity 19040.			
		Npl,Rd 19040.	Nu,Rd 19975.68	Ncr,T 36884.563	Ncr,TF 36884.563	An/Ag 1.	
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	697465.648	0.165	0.508	1.	19040.
MajorB(y-y)	b	0.34	697465.648	0.165	0.508	1.	19040.
Minor (z-z)	c	0.49	22737.771	0.915	1.094	0.591	11244.865
MinorB(z-z)	c	0.49	22737.771	0.915	1.094	0.591	11244.865
Torsional TF	c	0.49	36884.563	0.718	0.885	0.713	13579.739
MOMENT DESIGN							
		Med Moment	Med, span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment		
Major (y-y)		-617.436	-1191.142	-886.045	-1151.858		
Minor (z-z)		72.49	72.49	51.603	55.78		
		Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity		
Major (y-y)		8691.2	8691.2	8691.2	3151.422		
Minor (z-z)		1159.2	1159.2	1159.2			
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	d	0.76	1.235	1.655	0.363	1.438E-04	5701.921
	kw	Psi	C2	C3			
Factors	1.	1.132	0.459	0.525			
	za	zs	zg	zz	zj		
	0.6	0.	0.6	0.	-1.		
		kyy	kyz	kzy	kzz		
Factors		0.789	0.467	0.998	0.778		
SHEAR DESIGN							
		Ved Force	Ted Torsion	Vpl,Rd Capacity	Reduction Factor	Stress Ratio	Status Check
Major (z)		434.437	0.452	4526.424	0.999	0.096	OK
Minor (y)		22.901	0.452	6466.32	0.999	0.004	OK
		Vpl,Rd	Eta	LambdabarW			
Reduction		4526.424	1.	0.742			
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS							
		VMajor Left	VMajor Right				
Major (V2)		469.721	434.437				



### 10.3 TRASVERSO DI CAMPATA



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 211 X Mid: 95. Combo: ENV\_SLU/SLV Design Type: Beam  
Length: 6.242 Y Mid: 0. Shape: HE1000B Frame Type: Non Dissipative  
Loc : 6.242 Z Mid: -0.36 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No  
Consider Torsion? Yes Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded?  
Yes

GammaM0=1. GammaM1=1. GammaM2=1.25  
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.12  
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.04 eNy=0. eNz=0.  
A=0.04 Iyy=0.006 iyy=0.401 Wel,yy=0.013 Weff,yy=0.013  
It=1.267E-05 Izz=1.628E-04 izz=0.064 Wel,zz=0.001 Weff,zz=0.001  
Iw=3.782E-05 Iyz=0. h=1. Wpl,yy=0.015 Av,y=0.022  
E=210000000. fy=350000. fu=510000. Wpl,zz=0.002 Av,z=0.021

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
6.242	-118.893	1008.137	18.892	20.943	4.721	-0.156

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.465 = 0.019 + 0.418 + 0.028 < 0.95 OK  
= NEd/(Chi\_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi\_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-118.893	14000.	14000.

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	14000.	14688.	18369.332	18369.332	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	342971.07	0.202	0.521	1.	13993.753
MajorB (y-y)	a	0.21	342971.07	0.202	0.521	1.	13993.753
Minor (z-z)	b	0.34	8660.724	1.271	1.49	0.441	6172.704
MinorB (z-z)	b	0.34	8660.724	1.271	1.49	0.441	6172.704

Torsional TF	b	0.34	18369.332	0.873	0.995	0.678	9498.893
--------------	---	------	-----------	-------	-------	-------	----------

## 11 VERIFICHE A FATICA

Con riferimento al §5.1.4.3 delle NTC2018, per strutture, elementi strutturali e dettagli sensibili a fenomeni di fatica vanno eseguite opportune verifiche. Vengono svolte le verifiche a fatica per vita illimitata adottando gli spettri di carico associati. In assenza di studi specifici, volti alla determinazione dell’effettivo spettro di carico che interessa il ponte, si fa riferimento ai modelli descritti nel seguito.

La verifica a vita illimitata si esegue controllando che per le tensioni normali sia verificata la seguente diseuguaglianza:

$$\Delta\sigma_{\max} = \gamma_{Mf} \times \Delta\sigma_{\max} \leq \Delta\sigma_D$$

oppure per le tensioni tangenziali:

$$\Delta\tau_{\max} = \gamma_{Mf} \times \Delta\tau_{\max} \leq \Delta\tau_D$$

dove sono, rispettivamente, i valori di progetto delle massime escursioni di tensioni normali e di tensioni tangenziali indotte nel dettaglio considerato dallo spettro di carico per le verifiche a vita illimitata, e  $\Delta\sigma_D$  e  $\Delta\tau_D$  i limiti di fatica ad ampiezza costante.

### 11.1 MODELLO DI CARICO A FATICA

Secondo quanto previsto dalle NTC18 al § 5.1.4.3, per la verifica a vita illimitata si prevede Modello di carico di fatica 1, assumendo il 70% dei carichi concentrati ed il 30% di quelli distribuiti applicati in asse alle corsie convenzionali individuate nell’analisi statica. Per verifiche locali si è considerato, se più gravoso, il modello costituito dall’asse singolo dello schema di carico 2, isolato e con carico al 70%, come illustrato nella figura seguente.

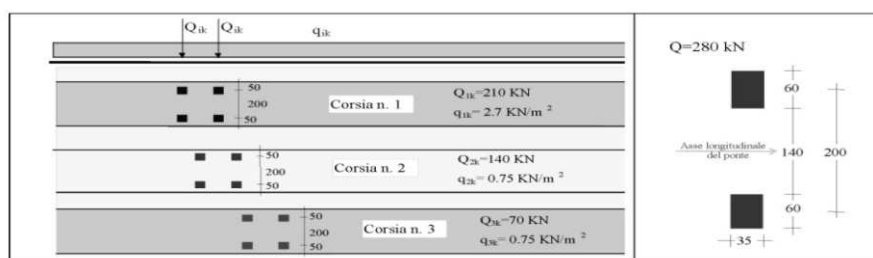


Figura 26 : Modello di carico a fatica 1

### 11.2 COEFFICIENTE DI SICUREZZA

Il coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche a fatica  $\gamma_{Mf}$  è fornito dalla relazione:

$$\gamma_{Mf} = \gamma_f \times \gamma_M$$

ove  $\gamma_f$  è il coefficiente parziale relativo alle azioni di fatica e  $\gamma_M$  il coefficiente parziale relativo alla resistenza, che copre le incertezze nella valutazione dei carichi e delle tensioni e la possibile presenza di difetti nei particolari in esame.

Il coefficiente  $\gamma_{Mf}$  dipende sia dalla possibilità di individuare e riparare eventuali lesioni per fatica, sia dall'entità delle conseguenze della crisi per fatica dell'elemento o della struttura. A questo scopo, le strutture possono essere distinte, a seconda della loro sensibilità alla crisi per fatica, in strutture poco sensibili e in strutture sensibili.

Criteri di valutazione	Conseguenze della rottura	
	Conseguenze moderate	Conseguenze significative
Danneggiamento accettabile	$\gamma_M = 1,00$	$\gamma_M = 1,15$
Vita utile a fatica	$\gamma_M = 1,15$	$\gamma_M = 1,35$

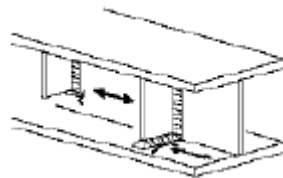
Tabella 5 : coefficiente di sicurezza da assumere per la verifica a fatica

Per i dettagli strutturali primari per cui le conseguenze della rottura per fatica risultano significative si assume un coefficiente di sicurezza pari a  $\gamma_{Mf}=1.35$ .

### 11.3 VERIFICA DEI DETTAGLI DI FATICA

Nelle verifiche a fatica le tensioni considerate sono coerenti con quelle alle quali è riferita la curva S-N del dettaglio. Per le successive verifiche si farà riferimento a tre dettagli tipologici di classe 71 e 80 con resistenza non influenzata dallo spessore del metallo base, ritenuto ragionevolmente cautelativo ed involupante la maggior parte dei dettagli previsti per l'impalcato metallico. A tali dettagli si associa una curva S-N riferita alle tensioni nominali e pertanto ad esse si fa riferimento.

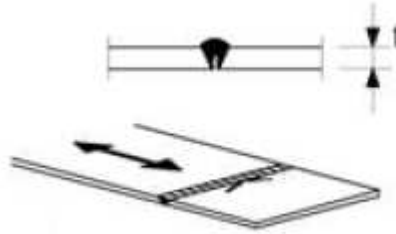
Dettaglio 80: per le giunzioni previste per realizzare gli attacchi degli irrigidimenti trasversali alle travi principali (in corrispondenza di anima e piattabande)



Caratteristiche resistenziali del dettaglio a fatica

$\Delta\sigma_c = 80$  MPa classe del particolare: limite di fatica per  $2 \times 10^6$  cicli

Dettaglio 71: per le giunzioni previste per connettere le travi longitudinali



$\Delta\sigma_c = 71$  MPa classe del particolare: limite di fatica per  $2 \times 10^6$  cicli

Si riportano di seguito i delta di tensioni longitudinali di fibra assunte a base di verifica e per i vari componenti strutturali principali dell’impalcato metallico.

Progressiva	Piattabanda sup.	Piattabanda inf.	FATICA			
			SOLECITAZIONI			
x	S <sub>sup</sub>	S <sub>inf</sub>	M <sub>MAX</sub>	M <sub>MIN</sub>	T <sub>MAX</sub>	T <sub>MIN</sub>
[m]	[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
0.00	30	40	96	-8	117	-891
1.00	30	40	816	-99	100	-808
2.00	30	40	1477	-186	100	-775
3.00	30	40	2073	-271	106	-739
4.00	30	40	2612	-355	120	-702
5.00	30	40	3141	-433	134	-635
6.00	30	40	3551	-514	161	-602
7.00	30	40	3907	-600	188	-570
8.00	20	40	4214	-686	217	-539
9.00	20	40	4471	-773	247	-509
10.00	20	40	4713	-857	277	-468
11.00	20	40	4854	-946	307	-437
12.00	20	40	4958	-1035	336	-408
13.00	20	40	5016	-1125	365	-381
14.00	20	40	5032	-1216	394	-355
15.00	20	40	5042	-1303	426	-335
16.00	20	40	4960	-1398	455	-308
17.00	20	40	4835	-1493	485	-281
18.00	20	40	4672	-1589	514	-256
19.00	20	40	4474	-1685	542	-232
20.00	20	40	4282	-1779	583	-226
21.00	20	40	4002	-1882	613	-202
22.00	20	40	3686	-1985	643	-179
23.00	20	40	3340	-2090	672	-157
24.00	20	40	2968	-2196	700	-137
25.00	40	50	2613	-2300	747	-138
26.00	40	50	2184	-2427	782	-117
27.00	40	50	1763	-2591	811	-97
28.00	40	50	1360	-2791	840	-78
29.00	40	50	1006	-3028	867	-60
30.00	40	50	792	-3279	962	-95
31.00	40	50	950	-2727	144	-896
32.00	40	50	1182	-2227	144	-875

Progressiva	Piattabanda sup.	Piattabanda inf.	FATICA			
			SOLECITAZIONI			
			$M_{MAX}$	$M_{MIN}$	$T_{MAX}$	$T_{MIN}$
x	$S_{sup}$	$S_{inf}$	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
[m]	[mm]	[mm]				
33.00	40	50	1448	-1828	145	-855
34.00	40	50	1738	-1657	147	-834
35.00	30	40	2083	-1511	146	-786
36.00	30	40	2392	-1403	151	-764
37.00	30	40	2721	-1343	163	-742
38.00	30	40	3063	-1312	180	-720
39.00	30	40	3401	-1297	199	-698
40.00	30	40	3762	-1285	208	-652
41.00	30	40	4053	-1284	226	-630
42.00	30	40	4318	-1286	244	-608
43.00	30	40	4559	-1289	262	-586
44.00	30	40	4775	-1293	283	-565
45.00	30	40	5001	-1366	302	-528
46.00	30	40	5152	-1488	323	-504
47.00	30	40	5272	-1610	344	-481
48.00	30	40	5362	-1733	366	-460
49.00	30	40	5425	-1857	388	-439
50.00	30	40	5495	-1978	413	-414
51.00	30	40	5488	-2109	436	-390
52.00	30	40	5448	-2241	459	-367
53.00	30	40	5377	-2373	482	-345
54.00	30	40	5278	-2507	505	-323
55.00	30	40	5188	-2637	539	-310
56.00	30	40	5018	-2780	564	-287
57.00	30	40	4815	-2925	590	-264
58.00	30	40	4583	-3070	615	-242
59.00	30	40	4324	-3217	639	-220
60.00	30	40	4080	-3361	680	-218
61.00	30	40	3753	-3522	708	-197
62.00	30	40	3400	-3687	735	-176
63.00	30	40	3029	-3863	762	-156
64.00	30	40	2648	-4054	788	-137
65.00	50	60	2306	-4262	836	-140
66.00	50	60	1903	-4511	865	-120
67.00	50	60	1505	-4790	893	-101
68.00	50	60	1120	-5105	921	-82
69.00	50	60	782	-5453	948	-65
70.00	50	60	559	-5819	1050	-109
71.00	50	60	770	-5127	64	-1041
72.00	50	60	1031	-4482	69	-1021
73.00	50	60	1272	-3879	74	-1002
74.00	50	60	1577	-3323	87	-984
75.00	40	50	1948	-2807	74	-932
76.00	40	50	2273	-2503	85	-913
77.00	40	50	2608	-2292	97	-894
78.00	40	50	2952	-2108	111	-875
79.00	40	50	3308	-1947	126	-856

Progressiva	Piattabanda sup.	Piattabanda inf.	FATICA			
			SOLECITAZIONI			
			$M_{MAX}$	$M_{MIN}$	$T_{MAX}$	$T_{MIN}$
x	$S_{sup}$	$S_{inf}$	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
[m]	[mm]	[mm]				
80.00	40	50	3709	-1803	124	-812
81.00	40	50	4058	-1689	137	-789
82.00	40	50	4408	-1597	151	-770
83.00	40	50	4760	-1528	165	-752
84.00	40	50	5110	-1473	181	-735
85.00	40	50	5479	-1421	189	-698
86.00	40	50	5790	-1380	203	-681
87.00	40	50	6081	-1342	217	-663
88.00	40	50	6352	-1306	232	-646
89.00	40	50	6605	-1270	248	-630
90.00	40	50	6866	-1232	258	-601
91.00	40	50	7070	-1200	274	-582
92.00	40	50	7250	-1169	290	-564
93.00	40	50	7409	-1138	306	-548
94.00	40	50	7548	-1108	321	-533
95.00	40	50	7694	-1075	336	-512
96.00	40	50	7784	-1048	352	-492
97.00	40	50	7850	-1021	368	-474
98.00	40	50	7894	-995	384	-457
99.00	40	50	7916	-970	401	-442
100.00	40	50	7946	-996	419	-429
101.00	40	50	7920	-1032	436	-410
102.00	40	50	7870	-1069	453	-391
103.00	40	50	7797	-1106	470	-374
104.00	40	50	7705	-1143	487	-358
105.00	40	50	7618	-1179	506	-352
106.00	40	50	7478	-1219	525	-333
107.00	40	50	7315	-1261	543	-315
108.00	40	50	7129	-1303	562	-297
109.00	40	50	6923	-1345	580	-280
110.00	40	50	6736	-1387	606	-277
111.00	40	50	6479	-1433	626	-259
112.00	40	50	6199	-1480	646	-241
113.00	40	50	5899	-1528	666	-224
114.00	40	50	5582	-1577	685	-208
115.00	40	50	5289	-1628	714	-212
116.00	40	50	4932	-1691	735	-195
117.00	40	50	4564	-1764	756	-178
118.00	40	50	4192	-1853	777	-163
119.00	40	50	3827	-1965	797	-148
120.00	40	50	3506	-2093	833	-155
121.00	40	50	3133	-2254	855	-140
122.00	40	50	2765	-2439	877	-125
123.00	40	50	2404	-2647	899	-111
124.00	40	50	2055	-2880	920	-97
125.00	50	70	1758	-3209	962	-108
126.00	50	70	1416	-3740	985	-92

Progressiva	Piattabanda sup.	Piattabanda inf.	FATICA			
			SOLECITAZIONI			
			$M_{MAX}$	$M_{MIN}$	$T_{MAX}$	$T_{MIN}$
x	$S_{sup}$	$S_{inf}$	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
[m]	[mm]	[mm]				
127.00	50	70	1085	-4317	1007	-77
128.00	50	70	793	-4940	1029	-64
129.00	50	70	549	-5605	1051	-54
130.00	50	70	449	-6268	787	-226
131.00	50	70	622	-5572	82	-887
132.00	50	70	897	-5160	87	-877
133.00	50	70	1115	-4780	88	-863
134.00	50	70	1406	-4432	97	-845
135.00	40	50	1774	-4102	76	-810
136.00	40	50	2103	-3844	87	-789
137.00	40	50	2440	-3619	101	-767
138.00	40	50	2781	-3424	116	-744
139.00	40	50	3120	-3249	131	-723
140.00	40	50	3485	-3068	125	-681
141.00	40	50	3784	-2929	139	-659
142.00	40	50	4062	-2794	154	-638
143.00	40	50	4319	-2662	170	-616
144.00	40	50	4557	-2531	187	-595
145.00	40	50	4812	-2394	184	-567
146.00	40	50	5010	-2287	200	-545
147.00	40	50	5183	-2182	217	-525
148.00	40	50	5332	-2078	234	-505
149.00	40	50	5459	-1975	251	-486
150.00	40	50	5604	-1869	245	-473
151.00	40	50	5695	-1780	262	-452
152.00	40	50	5760	-1693	280	-431
153.00	40	50	5799	-1607	298	-412
154.00	40	50	5814	-1521	316	-395
155.00	40	50	5847	-1434	309	-395
156.00	40	50	5827	-1357	327	-373
157.00	40	50	5778	-1280	345	-353
158.00	40	50	5701	-1204	365	-334
159.00	40	50	5597	-1129	384	-315
160.00	40	50	5511	-1052	384	-325
161.00	40	50	5371	-980	403	-302
162.00	40	50	5198	-909	423	-281
163.00	40	50	4993	-838	443	-260
164.00	40	50	4757	-767	466	-240
165.00	30	40	4543	-696	474	-252
166.00	30	40	4260	-627	496	-229
167.00	30	40	3943	-560	520	-206
168.00	30	40	3590	-493	546	-184
169.00	30	40	3200	-429	572	-162
170.00	30	40	2836	-367	603	-168
171.00	30	40	2366	-292	634	-142
172.00	30	40	1848	-216	667	-116
173.00	30	40	1276	-139	704	-97



RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	Piattabanda sup.	Piattabanda inf.	FATICA			
			SOLECITAZIONI			
			$M_{MAX}$	$M_{MIN}$	$T_{MAX}$	$T_{MIN}$
$x$	$S_{sup}$	$S_{inf}$	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
[m]	[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
174.00	30	40	654	-65	744	-97
175.00	30	40	58	-30	882	-141

Progr.	STATO TENSIONALE														
	$\sigma_A$ Max	$\sigma_B$ Max	$\sigma_C$ Max	$\sigma_D$ Max	$\tau$ Max	$\sigma_A$ Min	$\sigma_B$ Min	$\sigma_C$ Min	$\sigma_D$ Min	$\tau$ Min	$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_{pD}$ Inf	$\Delta\tau$
$x$	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
0.00	0.8	0.7	-0.05	-0.07	2.50	-0.1	-0.1	0.05	5.86	19.02	0.8	0.8	0.1	5.9	21.52
1.00	6.4	6.3	-0.46	-0.56	2.13	-0.9	-0.9	0.63	5.31	17.23	7.3	7.2	1.1	5.9	19.37
2.00	11.6	11.4	-0.84	-1.01	2.13	-1.7	-1.6	1.18	5.10	16.54	13.3	13.0	2.0	6.1	18.67
3.00	16.3	16.0	-1.18	-1.42	2.25	-2.5	-2.4	1.72	4.86	15.77	18.8	18.4	2.9	6.3	18.02
4.00	20.5	20.1	-1.48	-1.78	2.57	-3.3	-3.1	2.26	4.62	14.99	23.8	23.3	3.7	6.4	17.56
5.00	24.7	24.2	-1.78	-2.15	2.85	-4.0	-3.8	2.75	4.18	13.56	28.7	28.0	4.5	6.3	16.41
6.00	27.9	27.3	-2.01	-2.43	3.43	-4.7	-4.6	3.27	3.96	12.85	32.6	31.9	5.3	6.4	16.27
7.00	30.7	30.1	-2.22	-2.67	4.01	-5.5	-5.3	3.82	3.75	12.17	36.2	35.4	6.0	6.4	16.17
8.00	33.1	32.4	-2.59	-2.92	4.60	-6.3	-6.1	4.77	3.83	11.46	39.4	38.6	7.4	6.7	16.06
9.00	34.9	34.2	-2.76	-3.10	5.21	-7.1	-6.8	5.35	3.60	10.77	42.0	41.1	8.1	6.7	15.98
10.00	36.6	35.9	-2.92	-3.28	5.83	-7.8	-7.6	5.91	3.29	9.84	44.4	43.4	8.8	6.6	15.66
11.00	37.5	36.7	-3.02	-3.38	6.41	-8.6	-8.3	6.49	3.06	9.15	46.0	45.0	9.5	6.4	15.56
12.00	38.0	37.3	-3.09	-3.46	6.99	-9.3	-9.0	7.07	2.85	8.49	47.4	46.3	10.2	6.3	15.49
13.00	38.2	37.5	-3.14	-3.51	7.56	-10.1	-9.8	7.65	2.64	7.89	48.3	47.3	10.8	6.2	15.44
14.00	38.1	37.4	-3.16	-3.53	8.11	-10.8	-10.5	8.23	2.45	7.31	49.0	47.9	11.4	6.0	15.42
15.00	38.0	37.3	-3.18	-3.54	8.72	-11.5	-11.2	8.78	2.30	6.86	49.5	48.5	12.0	5.8	15.58
16.00	37.2	36.5	-3.14	-3.49	9.29	-12.3	-11.9	9.38	2.11	6.27	49.5	48.4	12.5	5.6	15.56
17.00	36.0	35.3	-3.07	-3.41	9.84	-13.1	-12.7	9.97	1.92	5.71	49.1	48.0	13.0	5.3	15.55
18.00	34.6	34.0	-2.97	-3.30	10.38	-13.8	-13.4	10.57	1.74	5.17	48.5	47.4	13.5	5.0	15.54
19.00	33.0	32.3	-2.85	-3.17	10.89	-14.6	-14.2	11.16	1.57	4.66	47.6	46.5	14.0	4.7	15.55
20.00	31.4	30.8	-2.74	-3.03	11.65	-15.3	-14.9	11.73	1.52	4.51	46.7	45.6	14.5	4.6	16.17
21.00	29.2	28.6	-2.57	-2.84	12.20	-16.1	-15.6	12.36	1.35	4.02	45.3	44.3	14.9	4.2	16.22
22.00	26.7	26.2	-2.37	-2.62	12.73	-16.9	-16.4	12.97	1.19	3.55	43.6	42.6	15.3	3.8	16.27
23.00	24.1	23.6	-2.15	-2.38	13.24	-17.7	-17.2	13.60	1.04	3.10	41.8	40.8	15.8	3.4	16.35
24.00	21.3	20.9	-1.92	-2.11	13.73	-18.5	-18.0	14.23	0.90	2.69	39.8	38.8	16.1	3.0	16.42
25.00	14.7	14.3	-1.82	-2.10	10.78	-15.5	-14.9	12.01	0.75	1.99	30.2	29.2	13.8	2.9	12.78
26.00	12.3	12.0	-1.52	-1.76	11.29	-16.3	-15.7	12.67	0.63	1.69	28.6	27.7	14.2	2.4	12.97
27.00	9.9	9.7	-1.23	-1.42	11.71	-17.4	-16.8	13.52	0.52	1.40	27.3	26.4	14.8	1.9	13.10
28.00	7.6	7.5	-0.95	-1.09	12.12	-18.8	-18.1	14.57	0.42	1.12	26.4	25.5	15.5	1.5	13.24
29.00	5.7	5.5	-0.70	-0.81	12.52	-20.4	-19.6	15.81	0.33	0.87	26.0	25.1	16.5	1.1	13.39
30.00	4.5	4.3	-0.55	-0.64	13.89	-22.1	-21.2	17.12	0.52	1.38	26.5	25.6	17.7	1.2	15.26
31.00	5.3	5.2	-0.66	-0.76	2.08	-18.3	-17.7	14.24	4.86	12.93	23.7	22.9	14.9	5.6	15.01
32.00	6.6	6.5	-0.82	-0.95	2.08	-15.0	-14.4	11.63	4.75	12.63	21.6	20.9	12.4	5.7	14.71
33.00	8.1	7.9	-1.01	-1.17	2.09	-12.3	-11.8	9.54	4.63	12.33	20.4	19.8	10.6	5.8	14.43
34.00	9.8	9.5	-1.21	-1.40	2.13	-11.1	-10.7	8.65	4.52	12.03	20.9	20.3	9.9	5.9	14.16

RELAZIONE DI CALCOLO

Progr.	STATO TENSIONIALE															
	X	$\sigma_A$ Max	$\sigma_B$ Max	$\sigma_C$ Max	$\sigma_D$ Max	$\tau$ Max	$\sigma_A$ Min	$\sigma_B$ Min	$\sigma_C$ Min	$\sigma_D$ Min	$\tau$ Min	$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_{pD}$ Inf	$\Delta\tau$
[m]	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
35.00	14.8	14.5	-1.27	-1.47	2.85	-12.5	-12.2	8.90	4.77	15.33	27.3	26.7	10.2	6.2	18.18	
36.00	16.8	16.5	-1.46	-1.69	2.93	-11.6	-11.2	8.22	4.61	14.82	28.4	27.8	9.7	6.3	17.75	
37.00	19.0	18.7	-1.66	-1.92	3.14	-11.0	-10.7	7.83	4.45	14.31	30.0	29.4	9.5	6.4	17.45	
38.00	21.3	20.9	-1.88	-2.17	3.46	-10.7	-10.4	7.61	4.30	13.81	32.0	31.3	9.5	6.5	17.27	
39.00	23.5	23.1	-2.09	-2.41	3.80	-10.5	-10.2	7.49	4.15	13.32	34.0	33.3	9.6	6.6	17.12	
40.00	25.8	25.4	-2.32	-2.67	3.96	-10.3	-10.0	7.38	3.86	12.37	36.2	35.4	9.7	6.5	16.32	
41.00	27.7	27.2	-2.50	-2.87	4.26	-10.3	-10.0	7.35	3.71	11.89	37.9	37.2	9.9	6.6	16.15	
42.00	29.3	28.8	-2.68	-3.07	4.58	-10.2	-9.9	7.32	3.56	11.42	39.5	38.7	10.0	6.6	16.00	
43.00	30.7	30.2	-2.83	-3.24	4.90	-10.2	-9.9	7.30	3.42	10.96	40.9	40.1	10.1	6.7	15.86	
44.00	32.0	31.4	-2.97	-3.39	5.25	-10.2	-9.9	7.29	3.28	10.50	42.1	41.3	10.3	6.7	15.75	
45.00	33.3	32.7	-3.12	-3.56	5.58	-10.7	-10.4	7.67	3.05	9.76	43.9	43.1	10.8	6.6	15.34	
46.00	34.1	33.5	-3.22	-3.67	5.94	-11.5	-11.2	8.31	2.89	9.27	45.6	44.7	11.5	6.6	15.20	
47.00	34.6	34.0	-3.30	-3.75	6.30	-12.4	-12.1	8.95	2.75	8.80	47.1	46.1	12.2	6.5	15.10	
48.00	35.0	34.4	-3.37	-3.82	6.66	-13.3	-12.9	9.59	2.62	8.37	48.3	47.4	13.0	6.4	15.03	
49.00	35.2	34.6	-3.41	-3.87	7.02	-14.2	-13.8	10.22	2.49	7.96	49.4	48.4	13.6	6.4	14.97	
50.00	35.5	34.8	-3.46	-3.92	7.44	-15.0	-14.6	10.84	2.33	7.46	50.5	49.4	14.3	6.3	14.90	
51.00	35.2	34.6	-3.46	-3.91	7.82	-15.9	-15.5	11.51	2.19	7.00	51.1	50.1	15.0	6.1	14.82	
52.00	34.7	34.2	-3.44	-3.89	8.19	-16.8	-16.4	12.17	2.05	6.55	51.5	50.5	15.6	5.9	14.74	
53.00	34.1	33.5	-3.40	-3.84	8.55	-17.7	-17.2	12.83	1.91	6.11	51.8	50.7	16.2	5.7	14.67	
54.00	33.3	32.7	-3.35	-3.77	8.92	-18.6	-18.1	13.49	1.79	5.71	51.8	50.8	16.8	5.6	14.63	
55.00	32.5	31.9	-3.29	-3.70	9.47	-19.4	-18.9	14.13	1.71	5.45	51.9	50.9	17.4	5.4	14.91	
56.00	31.2	30.7	-3.19	-3.58	9.86	-20.4	-19.8	14.82	1.57	5.01	51.6	50.6	18.0	5.2	14.87	
57.00	29.8	29.3	-3.06	-3.44	10.25	-21.3	-20.7	15.52	1.44	4.59	51.1	50.0	18.6	4.9	14.85	
58.00	28.2	27.7	-2.92	-3.27	10.64	-22.2	-21.7	16.22	1.31	4.18	50.4	49.4	19.1	4.6	14.82	
59.00	26.4	26.0	-2.76	-3.08	11.01	-23.2	-22.6	16.92	1.19	3.80	49.6	48.6	19.7	4.3	14.80	
60.00	24.8	24.4	-2.61	-2.91	11.65	-24.1	-23.5	17.59	1.17	3.74	48.9	47.8	20.2	4.1	15.39	
61.00	22.7	22.3	-2.40	-2.68	12.07	-25.1	-24.4	18.36	1.05	3.35	47.8	46.8	20.8	3.7	15.42	
62.00	20.4	20.1	-2.18	-2.43	12.47	-26.1	-25.5	19.13	0.94	2.98	46.6	45.6	21.3	3.4	15.46	
63.00	18.1	17.8	-1.94	-2.16	12.87	-27.2	-26.5	19.95	0.83	2.63	45.3	44.3	21.9	3.0	15.50	
64.00	15.7	15.5	-1.70	-1.89	13.25	-28.4	-27.7	20.85	0.72	2.30	44.1	43.2	22.5	2.6	15.55	
65.00	9.6	9.3	-1.60	-1.80	10.36	-21.2	-20.3	17.61	0.60	1.74	30.8	29.7	19.2	2.4	12.10	
66.00	7.9	7.7	-1.32	-1.49	10.72	-22.4	-21.5	18.64	0.52	1.49	30.3	29.2	20.0	2.0	12.20	
67.00	6.3	6.1	-1.05	-1.18	11.06	-23.8	-22.8	19.80	0.43	1.25	30.0	28.9	20.8	1.6	12.31	
68.00	4.7	4.5	-0.78	-0.88	11.41	-25.3	-24.3	21.10	0.35	1.02	30.0	28.9	21.9	1.2	12.43	
69.00	3.3	3.2	-0.54	-0.61	11.74	-27.1	-26.0	22.54	0.28	0.80	30.3	29.2	23.1	0.9	12.55	
70.00	2.3	2.3	-0.39	-0.44	13.01	-28.9	-27.7	24.05	0.47	1.35	31.2	30.0	24.4	0.9	14.37	
71.00	3.2	3.1	-0.53	-0.60	0.79	-25.5	-24.4	21.19	4.47	12.90	28.7	27.6	21.7	5.1	13.69	
72.00	4.3	4.2	-0.72	-0.81	0.86	-22.3	-21.4	18.52	4.39	12.65	26.5	25.5	19.2	5.2	13.51	
73.00	5.3	5.2	-0.88	-1.00	0.92	-19.3	-18.5	16.03	4.30	12.41	24.5	23.6	16.9	5.3	13.33	
74.00	6.6	6.4	-1.10	-1.23	1.08	-16.5	-15.8	13.73	4.23	12.19	23.1	22.2	14.8	5.5	13.27	
75.00	9.9	9.7	-1.26	-1.43	1.24	-16.7	-16.2	13.05	4.48	15.64	26.6	25.9	14.3	5.9	16.88	
76.00	11.6	11.3	-1.48	-1.67	1.43	-14.9	-14.4	11.64	4.38	15.31	26.5	25.8	13.1	6.0	16.74	

Progr.	STATO TENSIONIALE															
	X	$\sigma_A$ Max	$\sigma_B$ Max	$\sigma_C$ Max	$\sigma_D$ Max	$\tau$ Max	$\sigma_A$ Min	$\sigma_B$ Min	$\sigma_C$ Min	$\sigma_D$ Min	$\tau$ Min	$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_{pD}$ Inf	$\Delta\tau$
[m]	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
77.00	13.3	13.0	-1.69	-1.91	1.63	-13.7	-13.2	10.66	4.29	14.99	26.9	26.2	12.3	6.2	16.62	
78.00	15.0	14.7	-1.92	-2.16	1.86	-12.6	-12.2	9.80	4.20	14.67	27.6	26.9	11.7	6.4	16.53	
79.00	16.9	16.5	-2.15	-2.42	2.12	-11.6	-11.2	9.05	4.11	14.36	28.5	27.7	11.2	6.5	16.47	
80.00	18.9	18.5	-2.41	-2.72	2.07	-10.7	-10.4	8.38	3.90	13.62	29.6	28.9	10.8	6.6	15.69	
81.00	20.7	20.3	-2.64	-2.97	2.30	-10.1	-9.7	7.85	3.79	13.23	30.7	30.0	10.5	6.8	15.53	
82.00	22.5	22.0	-2.86	-3.23	2.53	-9.5	-9.2	7.42	3.70	12.92	32.0	31.2	10.3	6.9	15.45	
83.00	24.3	23.8	-3.09	-3.49	2.77	-9.1	-8.8	7.10	3.61	12.62	33.4	32.6	10.2	7.1	15.39	
84.00	26.0	25.5	-3.32	-3.74	3.03	-8.8	-8.5	6.85	3.53	12.32	34.8	34.0	10.2	7.3	15.35	
85.00	27.9	27.4	-3.56	-4.01	3.16	-8.5	-8.2	6.60	3.35	11.71	36.4	35.5	10.2	7.4	14.88	
86.00	29.5	28.9	-3.76	-4.24	3.40	-8.2	-8.0	6.42	3.27	11.42	37.7	36.9	10.2	7.5	14.82	
87.00	31.0	30.4	-3.95	-4.46	3.64	-8.0	-7.7	6.24	3.18	11.12	39.0	38.1	10.2	7.6	14.77	
88.00	32.4	31.7	-4.12	-4.65	3.89	-7.8	-7.5	6.07	3.10	10.84	40.2	39.2	10.2	7.8	14.73	
89.00	33.7	33.0	-4.29	-4.84	4.16	-7.6	-7.3	5.91	3.02	10.56	41.2	40.3	10.2	7.9	14.72	
90.00	35.0	34.3	-4.46	-5.03	4.33	-7.3	-7.1	5.73	2.89	10.08	42.3	41.4	10.2	7.9	14.41	
91.00	36.0	35.3	-4.59	-5.18	4.59	-7.1	-6.9	5.58	2.80	9.76	43.2	42.2	10.2	8.0	14.36	
92.00	37.0	36.2	-4.71	-5.31	4.86	-7.0	-6.7	5.43	2.71	9.47	43.9	42.9	10.1	8.0	14.33	
93.00	37.8	37.0	-4.81	-5.43	5.13	-6.8	-6.6	5.29	2.63	9.20	44.5	43.6	10.1	8.1	14.32	
94.00	38.5	37.7	-4.90	-5.53	5.39	-6.6	-6.4	5.15	2.56	8.93	45.1	44.1	10.1	8.1	14.32	
95.00	39.2	38.4	-5.00	-5.64	5.63	-6.4	-6.2	5.00	2.46	8.58	45.6	44.6	10.0	8.1	14.21	
96.00	39.7	38.9	-5.05	-5.70	5.91	-6.2	-6.0	4.87	2.36	8.25	45.9	44.9	9.9	8.1	14.16	
97.00	40.0	39.2	-5.10	-5.75	6.18	-6.1	-5.9	4.75	2.28	7.95	46.1	45.1	9.8	8.0	14.13	
98.00	40.2	39.4	-5.13	-5.78	6.45	-5.9	-5.7	4.63	2.19	7.67	46.2	45.1	9.8	8.0	14.11	
99.00	40.3	39.5	-5.14	-5.80	6.73	-5.8	-5.6	4.51	2.12	7.42	46.1	45.1	9.7	7.9	14.15	
100.00	40.5	39.7	-5.16	-5.82	7.02	-5.9	-5.7	4.63	2.06	7.19	46.4	45.4	9.8	7.9	14.21	
101.00	40.4	39.5	-5.14	-5.80	7.32	-6.1	-5.9	4.80	1.97	6.87	46.5	45.5	9.9	7.8	14.19	
102.00	40.1	39.3	-5.11	-5.77	7.61	-6.4	-6.2	4.97	1.88	6.56	46.5	45.4	10.1	7.6	14.17	
103.00	39.7	38.9	-5.06	-5.71	7.89	-6.6	-6.4	5.14	1.80	6.28	46.3	45.3	10.2	7.5	14.17	
104.00	39.3	38.5	-5.00	-5.64	8.17	-6.8	-6.6	5.31	1.72	6.01	46.1	45.1	10.3	7.4	14.18	
105.00	38.8	38.0	-4.95	-5.58	8.49	-7.0	-6.8	5.48	1.69	5.91	45.8	44.8	10.4	7.3	14.40	
106.00	38.1	37.3	-4.86	-5.48	8.80	-7.3	-7.0	5.67	1.60	5.58	45.4	44.4	10.5	7.1	14.39	
107.00	37.3	36.5	-4.75	-5.36	9.11	-7.5	-7.3	5.86	1.51	5.28	44.8	43.8	10.6	6.9	14.39	
108.00	36.3	35.6	-4.63	-5.22	9.42	-7.8	-7.5	6.06	1.43	4.98	44.1	43.1	10.7	6.7	14.41	
109.00	35.3	34.6	-4.50	-5.07	9.73	-8.0	-7.8	6.25	1.35	4.70	43.3	42.3	10.8	6.4	14.43	
110.00	34.3	33.6	-4.37	-4.93	10.16	-8.3	-8.0	6.45	1.33	4.65	42.6	41.6	10.8	6.3	14.81	
111.00	33.0	32.3	-4.21	-4.75	10.50	-8.5	-8.3	6.66	1.24	4.35	41.6	40.6	10.9	6.0	14.84	
112.00	31.6	30.9	-4.03	-4.54	10.83	-8.8	-8.5	6.88	1.16	4.05	40.4	39.5	10.9	5.7	14.88	
113.00	30.1	29.5	-3.83	-4.32	11.16	-9.1	-8.8	7.10	1.08	3.76	39.2	38.3	10.9	5.4	14.92	
114.00	28.5	27.9	-3.63	-4.09	11.49	-9.4	-9.1	7.33	1.00	3.49	37.8	37.0	11.0	5.1	14.98	
115.00	27.0	26.4	-3.43	-3.87	11.97	-9.7	-9.4	7.57	1.02	3.55	36.7	35.8	11.0	4.9	15.52	
116.00	25.1	24.6	-3.20	-3.61	12.33	-10.1	-9.7	7.86	0.94	3.27	35.2	34.4	11.1	4.5	15.60	
117.00	23.3	22.8	-2.96	-3.34	12.68	-10.5	-10.2	8.20	0.86	2.99	33.8	33.0	11.2	4.2	15.68	
118.00	21.4	20.9	-2.72	-3.07	13.03	-11.0	-10.7	8.62	0.78	2.73	32.4	31.6	11.3	3.9	15.76	

Progr.	STATO TENSIONIALE														
	$\sigma_A$ Max	$\sigma_B$ Max	$\sigma_C$ Max	$\sigma_D$ Max	$\tau$ Max	$\sigma_A$ Min	$\sigma_B$ Min	$\sigma_C$ Min	$\sigma_D$ Min	$\tau$ Min	$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_{pD}$ Inf	$\Delta\tau$
[m]	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
119.00	19.5	19.1	-2.49	-2.80	13.37	-11.7	-11.3	9.14	0.71	2.48	31.2	30.4	11.6	3.5	15.85
120.00	17.9	17.5	-2.28	-2.57	13.97	-12.5	-12.1	9.73	0.75	2.60	30.3	29.6	12.0	3.3	16.57
121.00	16.0	15.6	-2.03	-2.30	14.34	-13.4	-13.0	10.48	0.67	2.34	29.4	28.6	12.5	3.0	16.68
122.00	14.1	13.8	-1.80	-2.03	14.71	-14.5	-14.1	11.34	0.60	2.09	28.6	27.9	13.1	2.6	16.80
123.00	12.3	12.0	-1.56	-1.76	15.08	-15.8	-15.3	12.31	0.53	1.85	28.0	27.3	13.9	2.3	16.93
124.00	10.5	10.3	-1.33	-1.51	15.43	-17.2	-16.6	13.39	0.47	1.63	27.6	26.9	14.7	2.0	17.07
125.00	6.4	6.2	-1.28	-1.42	10.26	-14.0	-13.4	12.83	0.45	1.15	20.4	19.5	14.1	1.9	11.41
126.00	5.1	5.0	-1.03	-1.15	10.50	-16.4	-15.6	14.95	0.38	0.98	21.5	20.5	16.0	1.5	11.48
127.00	3.9	3.8	-0.79	-0.88	10.74	-18.9	-18.0	17.26	0.32	0.82	22.8	21.8	18.1	1.2	11.56
128.00	2.9	2.8	-0.58	-0.64	10.97	-21.6	-20.6	19.75	0.27	0.69	24.5	23.3	20.3	0.9	11.66
129.00	2.0	1.9	-0.40	-0.44	11.21	-24.5	-23.3	22.41	0.22	0.58	26.5	25.2	22.8	0.7	11.79
130.00	1.6	1.6	-0.33	-0.36	8.39	-27.4	-26.1	25.06	0.94	2.41	29.0	27.7	25.4	1.3	10.80
131.00	2.3	2.2	-0.45	-0.50	0.87	-24.4	-23.2	22.27	3.68	9.45	26.6	25.4	22.7	4.2	10.33
132.00	3.2	3.1	-0.66	-0.73	0.92	-22.6	-21.5	20.63	3.64	9.35	25.8	24.6	21.3	4.4	10.28
133.00	4.0	3.9	-0.81	-0.90	0.93	-20.9	-19.9	19.11	3.58	9.20	24.9	23.8	19.9	4.5	10.13
134.00	5.1	4.9	-1.03	-1.14	1.03	-19.4	-18.4	17.72	3.51	9.01	24.5	23.4	18.7	4.6	10.04
135.00	8.2	8.1	-1.24	-1.38	0.94	-23.0	-22.2	18.37	3.75	9.97	31.2	30.3	19.6	5.1	10.91
136.00	9.8	9.6	-1.48	-1.64	1.08	-21.6	-20.9	17.29	3.67	9.75	31.5	30.6	18.8	5.3	10.83
137.00	11.5	11.2	-1.71	-1.90	1.25	-20.5	-19.8	16.36	3.58	9.52	32.0	31.0	18.1	5.5	10.77
138.00	13.2	12.9	-1.95	-2.17	1.44	-19.5	-18.9	15.56	3.49	9.29	32.7	31.7	17.5	5.7	10.73
139.00	14.8	14.5	-2.19	-2.44	1.65	-18.6	-18.0	14.83	3.41	9.06	33.5	32.5	17.0	5.9	10.71
140.00	16.7	16.3	-2.45	-2.73	1.57	-17.7	-17.1	14.07	3.23	8.58	34.3	33.4	16.5	6.0	10.16
141.00	18.2	17.8	-2.66	-2.97	1.76	-17.0	-16.4	13.49	3.14	8.35	35.2	34.2	16.2	6.1	10.10
142.00	19.7	19.2	-2.86	-3.19	1.96	-16.3	-15.7	12.93	3.05	8.11	35.9	35.0	15.8	6.2	10.07
143.00	21.0	20.6	-3.04	-3.40	2.18	-15.6	-15.1	12.38	2.96	7.87	36.6	35.6	15.4	6.4	10.05
144.00	22.3	21.8	-3.20	-3.59	2.41	-14.9	-14.4	11.83	2.88	7.65	37.2	36.2	15.0	6.5	10.06
145.00	23.7	23.2	-3.38	-3.80	2.38	-14.2	-13.7	11.25	2.75	7.32	37.9	36.9	14.6	6.6	9.70
146.00	24.8	24.3	-3.52	-3.96	2.59	-13.6	-13.2	10.80	2.66	7.07	38.5	37.5	14.3	6.6	9.66
147.00	25.9	25.3	-3.65	-4.10	2.83	-13.1	-12.6	10.35	2.58	6.84	38.9	37.9	14.0	6.7	9.67
148.00	26.8	26.2	-3.75	-4.22	3.07	-12.5	-12.1	9.91	2.49	6.62	39.3	38.3	13.7	6.7	9.69
149.00	27.6	27.0	-3.84	-4.33	3.31	-12.0	-11.6	9.46	2.41	6.41	39.6	38.5	13.3	6.7	9.71
150.00	28.5	27.9	-3.94	-4.45	3.25	-11.4	-11.0	9.00	2.36	6.27	39.9	38.9	12.9	6.8	9.52
151.00	29.1	28.5	-4.01	-4.52	3.48	-10.9	-10.5	8.61	2.26	6.01	40.0	39.0	12.6	6.8	9.50
152.00	29.6	29.0	-4.05	-4.58	3.74	-10.4	-10.1	8.23	2.17	5.77	40.1	39.0	12.3	6.8	9.51
153.00	30.0	29.3	-4.08	-4.62	4.00	-10.0	-9.6	7.85	2.09	5.54	40.0	39.0	11.9	6.7	9.55
154.00	30.3	29.6	-4.09	-4.63	4.27	-9.5	-9.2	7.47	2.01	5.34	39.8	38.8	11.6	6.6	9.61
155.00	30.6	29.9	-4.11	-4.66	4.21	-9.0	-8.7	7.08	2.02	5.37	39.7	38.6	11.2	6.7	9.58
156.00	30.7	30.0	-4.09	-4.65	4.46	-8.6	-8.3	6.73	1.92	5.10	39.3	38.3	10.8	6.6	9.57
157.00	30.7	30.0	-4.06	-4.62	4.74	-8.1	-7.9	6.38	1.82	4.85	38.8	37.8	10.4	6.4	9.59
158.00	30.5	29.8	-4.00	-4.56	5.04	-7.7	-7.4	6.03	1.73	4.61	38.2	37.2	10.0	6.3	9.65
159.00	30.1	29.4	-3.93	-4.48	5.34	-7.3	-7.0	5.68	1.65	4.37	37.4	36.4	9.6	6.1	9.71
160.00	29.8	29.1	-3.86	-4.42	5.36	-6.8	-6.6	5.33	1.70	4.53	36.6	35.7	9.2	6.1	9.89

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Progr.	STATO TENSIONIALE														
	$\sigma_A$ Max	$\sigma_B$ Max	$\sigma_C$ Max	$\sigma_D$ Max	$\tau$ Max	$\sigma_A$ Min	$\sigma_B$ Min	$\sigma_C$ Min	$\sigma_D$ Min	$\tau$ Min	$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_{pD}$ Inf	$\Delta\tau$
[m]	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
161.00	29.2	28.5	-3.76	-4.31	5.65	-6.4	-6.2	4.99	1.60	4.24	35.6	34.7	8.7	5.9	9.90
162.00	28.5	27.8	-3.64	-4.17	5.97	-6.0	-5.7	4.65	1.49	3.96	34.4	33.6	8.3	5.7	9.93
163.00	27.5	26.9	-3.49	-4.01	6.29	-5.5	-5.3	4.31	1.39	3.69	33.1	32.2	7.8	5.4	9.98
164.00	26.4	25.8	-3.32	-3.82	6.64	-5.1	-4.9	3.96	1.29	3.42	31.5	30.7	7.3	5.1	10.06
165.00	31.0	30.4	-2.91	-3.34	8.13	-5.6	-5.5	4.05	1.51	4.32	36.6	35.9	7.0	4.8	12.46
166.00	29.0	28.5	-2.73	-3.13	8.52	-5.1	-4.9	3.65	1.37	3.93	34.1	33.4	6.4	4.5	12.45
167.00	26.9	26.4	-2.53	-2.90	8.93	-4.5	-4.4	3.26	1.24	3.54	31.4	30.8	5.8	4.1	12.48
168.00	24.5	24.0	-2.30	-2.64	9.37	-4.0	-3.9	2.87	1.10	3.16	28.5	27.9	5.2	3.7	12.53
169.00	21.8	21.4	-2.05	-2.35	9.82	-3.5	-3.4	2.50	0.97	2.78	25.3	24.8	4.5	3.3	12.60
170.00	19.3	19.0	-1.82	-2.08	10.35	-3.0	-2.9	2.13	1.01	2.88	22.3	21.9	4.0	3.1	13.23
171.00	16.1	15.8	-1.52	-1.74	10.88	-2.4	-2.3	1.70	0.85	2.43	18.5	18.1	3.2	2.6	13.31
172.00	12.6	12.4	-1.18	-1.36	11.45	-1.7	-1.7	1.26	0.69	1.99	14.3	14.1	2.4	2.1	13.44
173.00	8.7	8.5	-0.82	-0.94	12.09	-1.1	-1.1	0.81	0.58	1.66	9.8	9.6	1.6	1.5	13.75
174.00	4.5	4.4	-0.42	-0.48	12.78	-0.5	-0.5	0.38	0.58	1.66	5.0	4.9	0.8	1.1	14.44
175.00	0.4	0.4	-0.04	-0.04	15.14	-0.2	-0.2	0.17	0.85	2.42	0.6	0.6	0.2	0.9	17.56

Progressiva	$\Delta\sigma_c$ 80				$\Delta\sigma_c$ 71							
	Piattabanda Sup.		Piattabanda Inf.		Piattabanda Sup.		Piattabanda Inf.					
	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$	$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$	$\Delta\sigma_{pD}$ Sup	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$	$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$				
[m]	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26 (N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26 (N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59 (N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59 (N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
0.00	0.10	Ok	0.81	Ok	5.93	Ok	0.82	Ok				
1.00	1.09	Ok	7.16	Ok	5.87	Ok	7.31	Ok				
2.00	2.02	Ok	13.02	Ok	6.11	Ok	13.31	Ok				
3.00	2.90	Ok	18.37	Ok	6.28	Ok	18.77	Ok				
4.00	3.74	Ok	23.27	Ok	6.40	Ok	23.77	Ok				
5.00	4.54	Ok	28.04	Ok	6.33	Ok	28.65	Ok				
6.00	5.28	Ok	31.91	Ok	6.39	Ok	32.61	Ok				
7.00	6.03	Ok	35.43	Ok	6.42	Ok	36.20	Ok				
8.00	7.36	Ok	38.55	Ok	6.75	Ok	39.41	Ok				
9.00	8.11	Ok	41.07	Ok	6.70	Ok	41.98	Ok				
10.00	8.83	Ok	43.42	Ok	6.57	Ok	44.39	Ok				
11.00	9.51	Ok	45.02	Ok	6.45	Ok	46.02	Ok				
12.00	10.17	Ok	46.33	Ok	6.31	Ok	47.37	Ok				
13.00	10.79	Ok	47.26	Ok	6.16	Ok	48.32	Ok				
14.00	11.39	Ok	47.89	Ok	5.98	Ok	48.97	Ok				
15.00	11.96	Ok	48.45	Ok	5.85	Ok	49.54	Ok				
16.00	12.52	Ok	48.39	Ok	5.60	Ok	49.48	Ok				
17.00	13.04	Ok	48.02	Ok	5.33	Ok	49.11	Ok				
18.00	13.54	Ok	47.38	Ok	5.04	Ok	48.46	Ok				
19.00	14.02	Ok	46.50	Ok	4.73	Ok	47.57	Ok				
20.00	14.47	Ok	45.65	Ok	4.55	Ok	46.71	Ok				

RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	$\Delta\sigma_c$ 80						$\Delta\sigma_c$ 71					
	Piattabanda Sup.			Piattabanda Inf.			Piattabanda Sup.			Piattabanda Inf.		
	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pDSup}$	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$	
[m]	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59	(N/mm <sup>2</sup> )
21.00	14.92	Ok		44.25	Ok		4.19	Ok		45.29	Ok	
22.00	15.35	Ok		42.61	Ok		3.81	Ok		43.62	Ok	
23.00	15.75	Ok		40.79	Ok		3.42	Ok		41.77	Ok	
24.00	16.15	Ok		38.82	Ok		3.02	Ok		39.77	Ok	
25.00	13.83	Ok		29.23	Ok		2.85	Ok		30.16	Ok	
26.00	14.19	Ok		27.70	Ok		2.39	Ok		28.61	Ok	
27.00	14.75	Ok		26.45	Ok		1.94	Ok		27.34	Ok	
28.00	15.52	Ok		25.53	Ok		1.52	Ok		26.42	Ok	
29.00	16.51	Ok		25.13	Ok		1.14	Ok		26.03	Ok	
30.00	17.67	Ok		25.58	Ok		1.15	Ok		26.51	Ok	
31.00	14.90	Ok		22.87	Ok		5.62	Ok		23.69	Ok	
32.00	12.45	Ok		20.90	Ok		5.70	Ok		21.63	Ok	
33.00	10.55	Ok		19.78	Ok		5.80	Ok		20.44	Ok	
34.00	9.86	Ok		20.27	Ok		5.92	Ok		20.92	Ok	
35.00	10.16	Ok		26.67	Ok		6.24	Ok		27.30	Ok	
36.00	9.68	Ok		27.77	Ok		6.30	Ok		28.41	Ok	
37.00	9.49	Ok		29.39	Ok		6.38	Ok		30.05	Ok	
38.00	9.49	Ok		31.30	Ok		6.47	Ok		31.98	Ok	
39.00	9.58	Ok		33.27	Ok		6.56	Ok		33.99	Ok	
40.00	9.70	Ok		35.41	Ok		6.52	Ok		36.16	Ok	
41.00	9.85	Ok		37.15	Ok		6.58	Ok		37.93	Ok	
42.00	10.00	Ok		38.70	Ok		6.63	Ok		39.51	Ok	
43.00	10.14	Ok		40.08	Ok		6.66	Ok		40.91	Ok	
44.00	10.27	Ok		41.30	Ok		6.67	Ok		42.14	Ok	
45.00	10.79	Ok		43.07	Ok		6.61	Ok		43.95	Ok	
46.00	11.53	Ok		44.71	Ok		6.56	Ok		45.62	Ok	
47.00	12.25	Ok		46.13	Ok		6.50	Ok		47.07	Ok	
48.00	12.95	Ok		47.35	Ok		6.44	Ok		48.32	Ok	
49.00	13.64	Ok		48.39	Ok		6.35	Ok		49.38	Ok	
50.00	14.30	Ok		49.44	Ok		6.25	Ok		50.45	Ok	
51.00	14.97	Ok		50.09	Ok		6.10	Ok		51.11	Ok	
52.00	15.61	Ok		50.50	Ok		5.94	Ok		51.54	Ok	
53.00	16.23	Ok		50.73	Ok		5.75	Ok		51.77	Ok	
54.00	16.84	Ok		50.79	Ok		5.55	Ok		51.84	Ok	
55.00	17.42	Ok		50.87	Ok		5.41	Ok		51.93	Ok	
56.00	18.01	Ok		50.55	Ok		5.15	Ok		51.60	Ok	
57.00	18.58	Ok		50.05	Ok		4.87	Ok		51.10	Ok	
58.00	19.14	Ok		49.39	Ok		4.58	Ok		50.43	Ok	
59.00	19.68	Ok		48.58	Ok		4.27	Ok		49.61	Ok	
60.00	20.20	Ok		47.85	Ok		4.08	Ok		48.87	Ok	
61.00	20.76	Ok		46.77	Ok		3.73	Ok		47.78	Ok	
62.00	21.31	Ok		45.57	Ok		3.36	Ok		46.56	Ok	

RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	$\Delta\sigma_c$ 80						$\Delta\sigma_c$ 71					
	Piattabanda Sup.			Piattabanda Inf.			Piattabanda Sup.			Piattabanda Inf.		
	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pDSup}$	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$	
[m]	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59	(N/mm <sup>2</sup> )
63.00	21.89	Ok		44.33	Ok		2.99	Ok		45.31	Ok	
64.00	22.54	Ok		43.16	Ok		2.61	Ok		44.13	Ok	
65.00	19.21	Ok		29.66	Ok		2.41	Ok		30.75	Ok	
66.00	19.96	Ok		29.21	Ok		2.01	Ok		30.31	Ok	
67.00	20.84	Ok		28.93	Ok		1.61	Ok		30.04	Ok	
68.00	21.87	Ok		28.87	Ok		1.23	Ok		30.00	Ok	
69.00	23.08	Ok		29.16	Ok		0.89	Ok		30.33	Ok	
70.00	24.44	Ok		30.00	Ok		0.91	Ok		31.21	Ok	
71.00	21.72	Ok		27.56	Ok		5.08	Ok		28.66	Ok	
72.00	19.24	Ok		25.54	Ok		5.19	Ok		26.54	Ok	
73.00	16.91	Ok		23.65	Ok		5.30	Ok		24.55	Ok	
74.00	14.83	Ok		22.23	Ok		5.46	Ok		23.06	Ok	
75.00	14.32	Ok		25.91	Ok		5.90	Ok		26.65	Ok	
76.00	13.11	Ok		25.78	Ok		6.05	Ok		26.49	Ok	
77.00	12.35	Ok		26.23	Ok		6.20	Ok		26.95	Ok	
78.00	11.72	Ok		26.89	Ok		6.36	Ok		27.60	Ok	
79.00	11.20	Ok		27.74	Ok		6.53	Ok		28.46	Ok	
80.00	10.79	Ok		28.91	Ok		6.62	Ok		29.64	Ok	
81.00	10.49	Ok		30.00	Ok		6.76	Ok		30.75	Ok	
82.00	10.29	Ok		31.21	Ok		6.93	Ok		31.98	Ok	
83.00	10.19	Ok		32.57	Ok		7.10	Ok		33.36	Ok	
84.00	10.16	Ok		34.00	Ok		7.27	Ok		34.82	Ok	
85.00	10.16	Ok		35.54	Ok		7.37	Ok		36.39	Ok	
86.00	10.18	Ok		36.87	Ok		7.51	Ok		37.73	Ok	
87.00	10.19	Ok		38.10	Ok		7.64	Ok		38.99	Ok	
88.00	10.20	Ok		39.24	Ok		7.76	Ok		40.15	Ok	
89.00	10.19	Ok		40.30	Ok		7.86	Ok		41.23	Ok	
90.00	10.19	Ok		41.38	Ok		7.92	Ok		42.33	Ok	
91.00	10.17	Ok		42.21	Ok		7.98	Ok		43.18	Ok	
92.00	10.14	Ok		42.94	Ok		8.02	Ok		43.92	Ok	
93.00	10.10	Ok		43.55	Ok		8.06	Ok		44.54	Ok	
94.00	10.05	Ok		44.07	Ok		8.09	Ok		45.07	Ok	
95.00	10.00	Ok		44.61	Ok		8.09	Ok		45.62	Ok	
96.00	9.93	Ok		44.90	Ok		8.07	Ok		45.92	Ok	
97.00	9.85	Ok		45.08	Ok		8.03	Ok		46.09	Ok	
98.00	9.75	Ok		45.14	Ok		7.98	Ok		46.16	Ok	
99.00	9.65	Ok		45.12	Ok		7.92	Ok		46.13	Ok	
100.00	9.79	Ok		45.41	Ok		7.88	Ok		46.43	Ok	
101.00	9.94	Ok		45.49	Ok		7.77	Ok		46.51	Ok	
102.00	10.08	Ok		45.45	Ok		7.65	Ok		46.47	Ok	
103.00	10.20	Ok		45.30	Ok		7.51	Ok		46.33	Ok	
104.00	10.32	Ok		45.06	Ok		7.37	Ok		46.08	Ok	

RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	$\Delta\sigma_c$ 80						$\Delta\sigma_c$ 71					
	Piattabanda Sup.			Piattabanda Inf.			Piattabanda Sup.			Piattabanda Inf.		
	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pDSup}$	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$	
[m]	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59	(N/mm <sup>2</sup> )
105.00	10.43	Ok		44.83	Ok		7.27	Ok		45.85	Ok	
106.00	10.53	Ok		44.36	Ok		7.08	Ok		45.38	Ok	
107.00	10.61	Ok		43.79	Ok		6.87	Ok		44.79	Ok	
108.00	10.69	Ok		43.10	Ok		6.65	Ok		44.09	Ok	
109.00	10.75	Ok		42.32	Ok		6.42	Ok		43.30	Ok	
110.00	10.82	Ok		41.62	Ok		6.27	Ok		42.59	Ok	
111.00	10.87	Ok		40.60	Ok		5.99	Ok		41.55	Ok	
112.00	10.91	Ok		39.48	Ok		5.70	Ok		40.41	Ok	
113.00	10.93	Ok		38.26	Ok		5.40	Ok		39.17	Ok	
114.00	10.96	Ok		36.96	Ok		5.09	Ok		37.85	Ok	
115.00	11.00	Ok		35.79	Ok		4.89	Ok		36.65	Ok	
116.00	11.06	Ok		34.37	Ok		4.55	Ok		35.21	Ok	
117.00	11.17	Ok		32.96	Ok		4.20	Ok		33.77	Ok	
118.00	11.34	Ok		31.62	Ok		3.85	Ok		32.41	Ok	
119.00	11.62	Ok		30.44	Ok		3.51	Ok		31.21	Ok	
120.00	12.01	Ok		29.57	Ok		3.31	Ok		30.34	Ok	
121.00	12.52	Ok		28.64	Ok		2.97	Ok		29.40	Ok	
122.00	13.13	Ok		27.86	Ok		2.62	Ok		28.62	Ok	
123.00	13.87	Ok		27.27	Ok		2.29	Ok		28.02	Ok	
124.00	14.73	Ok		26.86	Ok		1.97	Ok		27.63	Ok	
125.00	14.11	Ok		19.52	Ok		1.87	Ok		20.40	Ok	
126.00	15.99	Ok		20.53	Ok		1.53	Ok		21.48	Ok	
127.00	18.05	Ok		21.77	Ok		1.20	Ok		22.81	Ok	
128.00	20.33	Ok		23.34	Ok		0.91	Ok		24.48	Ok	
129.00	22.81	Ok		25.25	Ok		0.67	Ok		26.50	Ok	
130.00	25.39	Ok		27.66	Ok		1.30	Ok		29.04	Ok	
131.00	22.73	Ok		25.37	Ok		4.18	Ok		26.62	Ok	
132.00	21.28	Ok		24.62	Ok		4.37	Ok		25.82	Ok	
133.00	19.92	Ok		23.80	Ok		4.48	Ok		24.94	Ok	
134.00	18.74	Ok		23.37	Ok		4.65	Ok		24.47	Ok	
135.00	19.61	Ok		30.29	Ok		5.13	Ok		31.21	Ok	
136.00	18.77	Ok		30.56	Ok		5.31	Ok		31.47	Ok	
137.00	18.07	Ok		31.05	Ok		5.49	Ok		31.96	Ok	
138.00	17.51	Ok		31.73	Ok		5.67	Ok		32.65	Ok	
139.00	17.02	Ok		32.52	Ok		5.85	Ok		33.45	Ok	
140.00	16.52	Ok		33.40	Ok		5.96	Ok		34.35	Ok	
141.00	16.15	Ok		34.22	Ok		6.11	Ok		35.17	Ok	
142.00	15.79	Ok		34.97	Ok		6.24	Ok		35.94	Ok	
143.00	15.42	Ok		35.65	Ok		6.36	Ok		36.63	Ok	
144.00	15.03	Ok		36.25	Ok		6.47	Ok		37.23	Ok	
145.00	14.63	Ok		36.91	Ok		6.55	Ok		37.91	Ok	
146.00	14.32	Ok		37.47	Ok		6.62	Ok		38.48	Ok	



RELAZIONE DI CALCOLO

Progressiva	$\Delta\sigma_c$ 80						$\Delta\sigma_c$ 71					
	Piattabanda Sup.			Piattabanda Inf.			Piattabanda Sup.			Piattabanda Inf.		
	$\Delta\sigma_{pC}$ Sup	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pB}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pDSup}$	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$		$\Delta\sigma_{pA}$ Inf	$\Delta\sigma_c/\gamma_{mf}$	
[m]	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	59.26	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	52.59	(N/mm <sup>2</sup> )
147.00	14.00	Ok	37.93	Ok	6.67	Ok	38.94	Ok				
148.00	13.66	Ok	38.28	Ok	6.71	Ok	39.30	Ok				
149.00	13.30	Ok	38.53	Ok	6.74	Ok	39.56	Ok				
150.00	12.94	Ok	38.86	Ok	6.81	Ok	39.89	Ok				
151.00	12.62	Ok	39.00	Ok	6.79	Ok	40.03	Ok				
152.00	12.28	Ok	39.05	Ok	6.75	Ok	40.08	Ok				
153.00	11.93	Ok	38.96	Ok	6.70	Ok	39.99	Ok				
154.00	11.56	Ok	38.76	Ok	6.64	Ok	39.78	Ok				
155.00	11.19	Ok	38.64	Ok	6.68	Ok	39.66	Ok				
156.00	10.82	Ok	38.30	Ok	6.57	Ok	39.31	Ok				
157.00	10.44	Ok	37.82	Ok	6.44	Ok	38.81	Ok				
158.00	10.04	Ok	37.18	Ok	6.29	Ok	38.16	Ok				
159.00	9.61	Ok	36.40	Ok	6.13	Ok	37.36	Ok				
160.00	9.19	Ok	35.70	Ok	6.12	Ok	36.64	Ok				
161.00	8.75	Ok	34.71	Ok	5.90	Ok	35.62	Ok				
162.00	8.29	Ok	33.55	Ok	5.66	Ok	34.44	Ok				
163.00	7.80	Ok	32.21	Ok	5.40	Ok	33.06	Ok				
164.00	7.29	Ok	30.68	Ok	5.11	Ok	31.49	Ok				
165.00	6.96	Ok	35.87	Ok	4.85	Ok	36.61	Ok				
166.00	6.38	Ok	33.44	Ok	4.50	Ok	34.12	Ok				
167.00	5.78	Ok	30.78	Ok	4.14	Ok	31.41	Ok				
168.00	5.17	Ok	27.90	Ok	3.74	Ok	28.47	Ok				
169.00	4.55	Ok	24.79	Ok	3.32	Ok	25.29	Ok				
170.00	3.95	Ok	21.86	Ok	3.09	Ok	22.30	Ok				
171.00	3.21	Ok	18.12	Ok	2.59	Ok	18.49	Ok				
172.00	2.44	Ok	14.06	Ok	2.05	Ok	14.35	Ok				
173.00	1.63	Ok	9.63	Ok	1.52	Ok	9.82	Ok				
174.00	0.80	Ok	4.89	Ok	1.06	Ok	4.98	Ok				
175.00	0.21	Ok	0.63	Ok	0.89	Ok	0.64	Ok				

## 12 VERIFICA DELLE PIOLATURE

L'insieme dei connettori deve resistere alla forza di scorrimento totale V (longitudinal shear) risultante dal flusso degli sforzi di scorrimento tra la soletta in cls e la trave in acciaio. La forza di scorrimento totale V deve quindi equilibrare la risultante delle compressioni C della soletta.

I connettori presenti nel tratto compreso fra la sezione di momento nullo e la sezione di momento massimo (metà luce per trave semplicemente appoggiata con carico simmetrico) devono trasferire alla trave in acciaio la forza di scorrimento V. La resistenza dei connettori è determinata come il più piccolo dei seguenti valori [EC4 §6.3.2.1]

$$P_{Rd} = 0,8 \cdot f_u (\pi d^2 / 4) / \gamma_v$$

$$P_{Rd} = 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \sqrt{(f_{ck} E_{cm})} / \gamma_v$$

Con  $\alpha = 0,2 \cdot [(h / d) + 1]$  per  $3 \leq h / d \leq 4$

$\alpha = 1$  per  $h/d > 4$

h altezza del piolo

d diametro del singolo piolo

$f_u$  resistenza ultima a trazione del piolo ( $\leq 500$  N/mm<sup>2</sup>)

$f_{ck}$  resistenza cilindrica caratteristica del cls considerato

$E_{cm}$  valore medio del modulo secante del cls

$\gamma_v = 1,25$  coeff. parziale di sicurezza

CAMPATA CENTRALE	
SEZIONE DI APPOGGIO	
TAGLIO MAX [KN]	<b>2,721</b>
Htot (m)	3.16
Asoletta (m <sup>2</sup> )	1.69
Ssoletta (m)	0.30
Yg (m)	1.382
S [m <sup>3</sup> ]	0.1752
J [m <sup>4</sup> ]	0.3285
q [kN/m]	1451.54
i [m]	<b>0.17</b>
n	<b>4</b>
<b>Q [KN]</b>	<b>61.7</b>

Prd [N]	61690.33
---------	----------

CAMPATA DI RIVA	
SEZIONE DI APPOGGIO DI ESTREMITÀ	
TAGLIO MAX [KN]	<b>1,961</b>
Htot (m)	2.76
Asoletta (m <sup>2</sup> )	1.69
Ssoletta (m)	0.30
Yg (m)	1.382
S [m <sup>3</sup> ]	0.1322
J [m <sup>4</sup> ]	0.1704
q [kN/m]	1521.05
i [m]	<b>0.17</b>
n	<b>4</b>
<b>Q [KN]</b>	<b>64.6</b>

Prd [N]	64644.46
---------	----------

RELAZIONE DI CALCOLO

g <sub>v</sub>	1.25
f <sub>u</sub>	450
Area piolo [mm <sup>2</sup> ]	214.20
Diametro Pioli	16.52
Diametro Progetto	22

g <sub>v</sub>	1.25
f <sub>u</sub>	450
Area piolo [mm <sup>2</sup> ]	224.46
Diametro Pioli	16.91
Diametro Progetto	22

RESISTENZA DI UN PIOLO	
f <sub>t</sub>	450
g <sub>v</sub>	1.25
F	22
P <sub>rd,1</sub> [KN]	109.42

RESISTENZA DI UN PIOLO	
f <sub>t</sub>	450
g <sub>v</sub>	1.25
F	22
P <sub>rd,1</sub> [KN]	109.42

RESISTENZA DEL CLS	
a	1
CLS soletta	C35/45
F <sub>ck</sub>	37.35
E <sub>c</sub>	34625
P <sub>rd,2</sub> [KN]	127.69

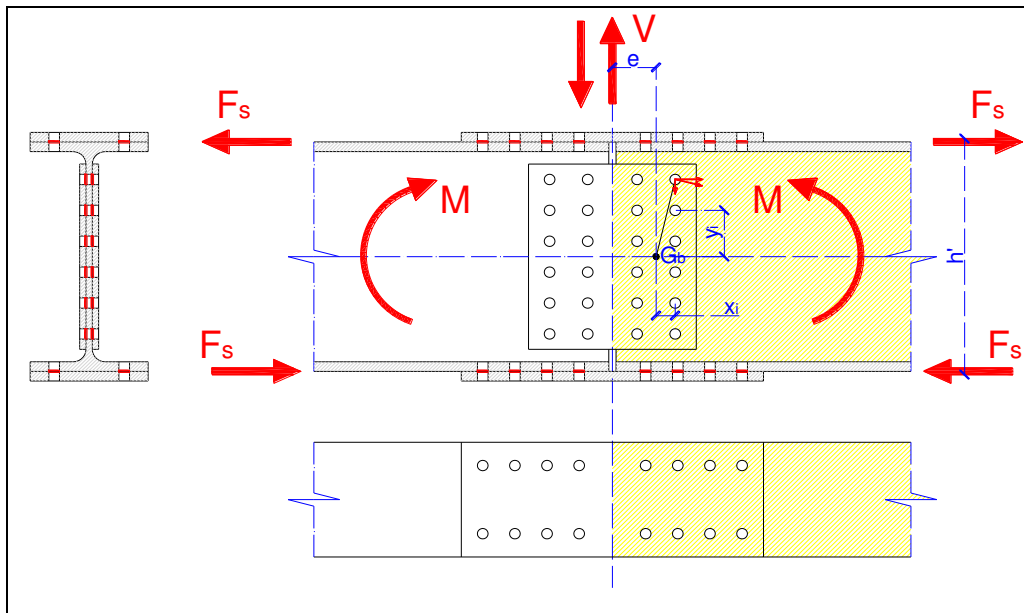
RESISTENZA DEL CLS	
a	1
CLS soletta	C35/45
F <sub>ck</sub>	37.35
E <sub>c</sub>	34625
P <sub>rd,2</sub> [KN]	127.69

RESISTENZA MINIMA	
P <sub>rd min</sub>	109.42
Q [KN]	61.69
VERIFICA	Verifica soddisfatta

RESISTENZA MINIMA	
P <sub>rd min</sub>	109.42
Q [KN]	64.64
VERIFICA	Verifica soddisfatta

## 13 VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI

### 13.1 UNIONE DI CONTINUITÀ TRASVERSO PILA

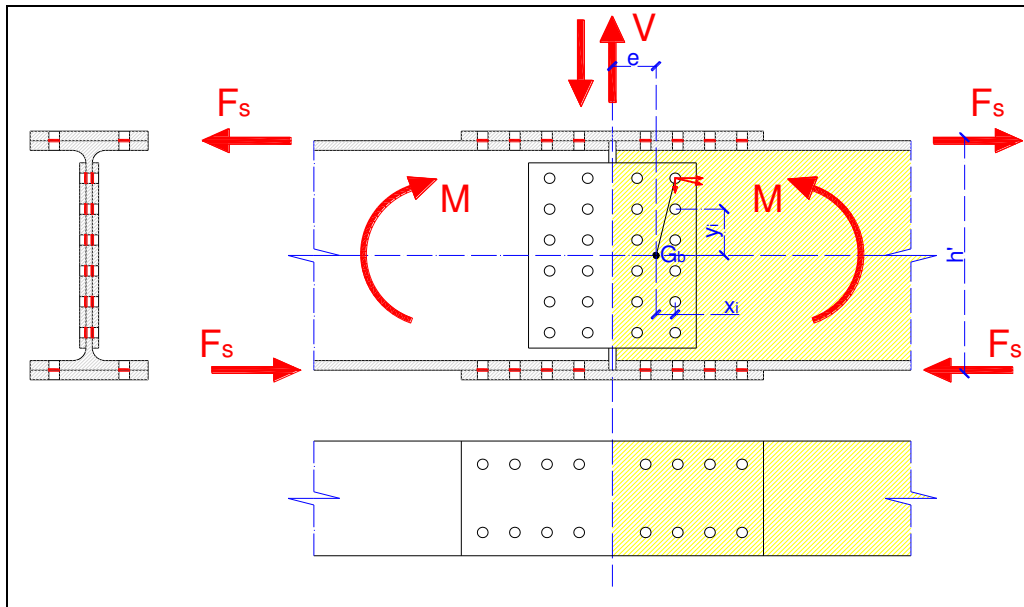


Caratteristiche del profilo utilizzato		H1500	Caratteristiche di sollecitazione	
Altezza del profilo	$h$	150 [cm]	Taglio	49,000 [kg]
Larghezza dell'ala	$b$	40 [cm]	Momento flettente	166,000 [kgm]
Spessore dell'anima	$t_w$	3 [cm]	Forza normale	100,600 [kg]
Spessore delle ali	$t_f$	4 [cm]	Momento flettente agente sulle ali	116,929 [kgm]
Raggio di curvatura	$r$	0 [cm]	Momento flettente agente sull'anima	49,071 [kgm]
Altezza saldabile	$h_1$	142 [cm]	Forza normale agente sulle ali	21,576 [kg]
Altezza interna	$h_2$	142 [cm]	Forza normale agente sull'anima	57,447 [kg]
Area della sezione	$A$	746 [cm <sup>2</sup> ]	<b>Caratteristiche dei materiali</b>	
Momento d'inerzia xx	$J_{xx}$	2421528 [cm <sup>4</sup> ]	Resistenza di calcolo	3,381 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia yy	$J_{yy}$	42986 [cm <sup>4</sup> ]	Diametro bulloni d'ala	20 [mm]
Modulo di resistenza xx	$W_{xx}$	32287 [cm <sup>3</sup> ]	Diametro bulloni d'anima	20 [mm]
Modulo di resistenza yy	$W_{yy}$	2149 [cm <sup>3</sup> ]	Area resistente del bullone d'ala	2,45 [cm <sup>2</sup> ]
Raggio d'inerzia xx	$i_{xx}$	56.97 [cm]	Resistenza a taglio del bullone	4950 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Raggio d'inerzia yy	$i_{yy}$	7.59 [cm]	Passo minimo dei bulloni d'ala	6 [cm]
Momento d'inerzia delle ali	$J_{xx}(ali)$	1705707 [cm <sup>4</sup> ]	Passo minimo dei bulloni d'anima	6 [cm]
Momento d'inerzia dell'anima	$J_{xx}(anima)$	715821 [cm <sup>4</sup> ]	Passo reale adottato (bulloni anima)	6 [cm]
Area dell'anima	$A(anima)$	426 [cm <sup>2</sup> ]	Area resistente del bullone d'anima	2,45 [cm <sup>2</sup> ]
Area delle ali	$A(ali)$	320 [cm <sup>2</sup> ]	<b>Diametri foro</b>	
				22 [mm]
				22 [mm]
				<b>Passo idoneo</b>

Geometria del fazzoletto d'anima	
Altezza del fazzoletto	$h_c$ 110 [cm]
Larghezza metà fazzoletto	$L_c$ 20.25 [cm]
Numero bulloni d'anima	$n_{b,w}$ 30
Ascissa baricentro bulloni	$X_{G,b}$ 10 [cm]
Ordinata baricentro bulloni	$y_{G,b}$ 31.00 [cm]
Spessore del fazzoletto	$t_{cw}$ 2 [cm]

Denominazione del giunto	<b>TRASV. PILA</b>			
Profilo utilizzato nel giunto	<b>H1500</b>			
<b>Caratteristiche di sollecitazione</b>			<b>Verifica del giunto d'anima</b>	
Taglio	49,000 [kg]	Forza di taglio agente sul giunto	49,000 [kg]	
Momento flettente	166,000 [kgm]	Forza normale agente sul giunto	57,447 [kg]	
Forza normale	100,600 [kg]	Momento flettente agente sul giunto	49,071 [kgm]	
Momento flettente agente sulle ali	116,929 [kgm]	Eccentricità del taglio	10 [cm]	
Momento flettente agente sull'anima	49,071 [kgm]	Momento torcente di trasporto	4,900 [kgm]	
Forza normale agente sulle ali	21,576 [kg]	Momento totale	53,971 [kgm]	
Forza normale agente sull'anima	57,447 [kg]	Numero di sezioni resistenti per ogni bullone	2.00	
<b>Caratteristiche dei materiali</b>				
Resistenza di calcolo dell'acciaio	3,381 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Forza verticale dovuta al taglio	816.67 [kg]	
Resistenza a taglio dei bulloni	4,950 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Forza verticale dovuta alla normale	957.45 [kg]	
Diametro bulloni d'ala	20 [mm]	Forza orizzontale dovuta al momento torcente	8044.64 [kg]	
Diametro bulloni d'anima	20 [mm]	Forza verticale dovuta al momento torcente	31.41 [kg]	
Diametro dei fori d'ala	22 [mm]	Risultante di taglio sul bullone più caricato	9041.96 [kg]	
Diametro dei fori d'anima	22 [mm]	<b>Verifica di resistenza dei bulloni</b>	<b>3690.59 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	
			Momento d'inerzia dei fazzoletti al netto dei fori	-23068.53 [cm <sup>4</sup> ]
			Area dei fazzoletti al netto dei fori	281.60 [cm <sup>2</sup> ]
			<b>Verifica di resistenza dei coprigiunti</b>	<b>12667.31 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
			<b>Verifica di rifollamento dell'anima della trave o dei coprigi</b>	<b>3013.99 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
<b>Verifica del giunto d'ala</b>			<b>Verifica del profilo al netto dei fori</b>	
Forza di scorrimento su metà coprigiunto	101,665 [kg]	Momento d'inerzia della sezione depurata dai fori	1,883,896 [cm <sup>4</sup> ]	
Numero di sezioni resistenti per ogni bullone	2	Modulo di resistenza calcolato sull'estradosso dell'ala	25,119 [cm <sup>3</sup> ]	
<b>Verifica di resistenza dei bulloni</b>	<b>1,297 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	Modulo di resistenza calcolato sull'intradosso dell'ala	26,534 [cm <sup>3</sup> ]	
Larghezza coprigiunto sup.	40.0 [cm]	Tensione massima all'estradosso dell'ala	661 [kg/cm <sup>2</sup> ]	
Larghezza coprigiunto inf.	37.0 [cm]	Tensione massima all'intradosso dell'ala	626 [kg/cm <sup>2</sup> ]	
Spessore coprigiunto	2.0 [cm]	Tensione tangenziale media all'intradosso dell'ala	160 [kg/cm <sup>2</sup> ]	
Numero di bulloni per fila	2.0	<b>Tensione ideale all'intradosso dell'ala</b>	<b>684 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	
Area netta coprig. Sup.	71.2 [cm <sup>2</sup> ]	<b>Tutte le verifiche risultano soddisfatte</b>		
Area netta coprig. Inf.	65.2 [cm <sup>2</sup> ]			
<b>Verifica semplice coprigiunto</b>	<b>1,427.9 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>			
<b>Verifica doppio coprigiunto</b>	<b>745.3 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>			
<b>Verifica di rifollamento dell'ala della trave o c</b>	<b>794.3 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>			

### 13.2 UNIONE DI CONTINUITÀ TRASVERSO SPALLA

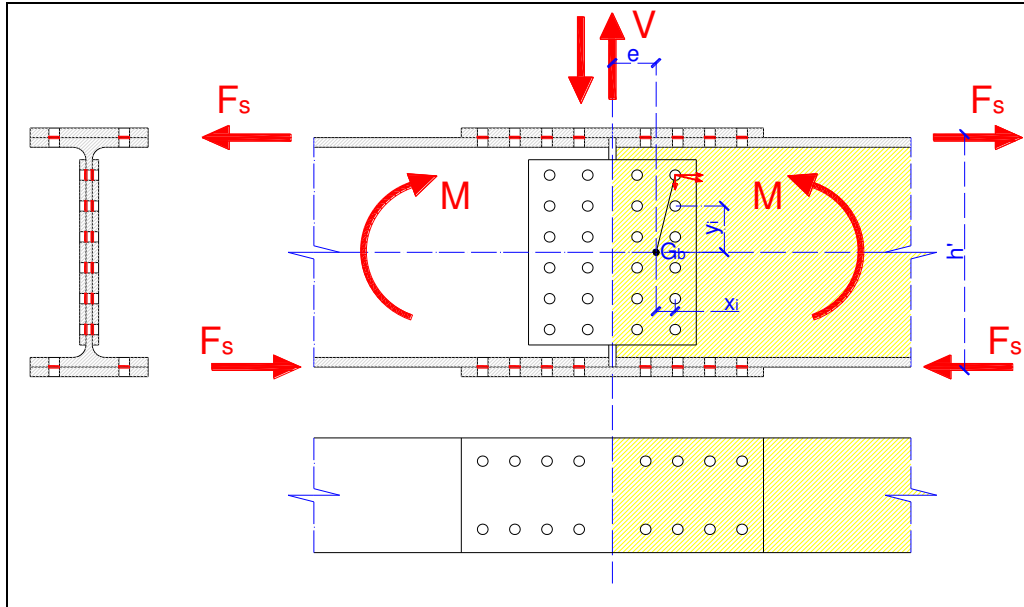


Caratteristiche del profilo utilizzato		H1200	Caratteristiche di sollecitazione	
Altezza del profilo	h	120 [cm]	Taglio	44.100 [kg]
Larghezza dell'ala	b	40 [cm]	Momento flettente	142.000 [kgm]
Spessore dell'anima	t <sub>w</sub>	3 [cm]	Forza normale	82.500 [kg]
Spessore delle ali	t <sub>r</sub>	4 [cm]	Momento flettente agente sulle ali	116.639 [kgm]
Raggio di curvatura	r	0 [cm]	Momento flettente agente sull'anima	25.361 [kgm]
Altezza saldabile	h <sub>1</sub>	112 [cm]	Forza normale agente sulle ali	15.772 [kg]
Altezza interna	h <sub>2</sub>	112 [cm]	Forza normale agente sull'anima	50.956 [kg]
Area della sezione	A	544 [cm <sup>2</sup> ]	<b>Caratteristiche dei materiali</b>	
Momento d'inerzia xx	J <sub>xx</sub>	1311061 [cm <sup>4</sup> ]	Resistenza di calcolo	3.381 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia yy	J <sub>yy</sub>	42741 [cm <sup>4</sup> ]	Diametro bulloni d'ala	20 [mm]
Modulo di resistenza xx	W <sub>xx</sub>	21851 [cm <sup>3</sup> ]	Diametro bulloni d'anima	20 [mm]
Modulo di resistenza yy	W <sub>yy</sub>	2137 [cm <sup>3</sup> ]	Area resistente del bullone d'ala	2.45 [cm <sup>2</sup> ]
Raggio d'inerzia xx	i <sub>xx</sub>	49.09 [cm]	Resistenza a taglio del bullone	4950 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Raggio d'inerzia yy	i <sub>yy</sub>	8.86 [cm]	Passo minimo dei bulloni d'ala	6 [cm]
Momento d'inerzia delle ali	J <sub>xx(ali)</sub>	1076907 [cm <sup>4</sup> ]	Passo minimo dei bulloni d'anima	6 [cm]
Momento d'inerzia dell'anima	J <sub>xx(anima)</sub>	234154 [cm <sup>4</sup> ]	Passo reale adottato (bulloni anima)	6 [cm]
Area dell'anima	A <sub>(anima)</sub>	336 [cm <sup>2</sup> ]	Area resistente del bullone d'anima	2.45 [cm <sup>2</sup> ]
Area delle ali	A <sub>(ali)</sub>	208 [cm <sup>2</sup> ]		

Geometria del fazzoletto d'anima	
Altezza del fazzoletto	h <sub>c</sub> 80 [cm]
Larghezza metà fazzoletto	L <sub>c</sub> 20.25 [cm]
Numero bulloni d'anima	n <sub>b,w</sub> 30
Ascissa baricentro bulloni	X <sub>G,b</sub> 10 [cm]
Ordinata baricentro bulloni	Y <sub>G,b</sub> 31.00 [cm]
Spessore del fazzoletto	t <sub>cw</sub> 2 [cm]

Denominazione del giunto		TRASV. SPALLA	
Profilo utilizzato nel giunto		H1200	
<b>Caratteristiche di sollecitazione</b>		<b>Verifica del giunto d'anima</b>	
Taglio	44 100 [kg]	Forza di taglio agente sul giunto	44 100 [kg]
Momento flettente	142 000 [kgm]	Forza normale agente sul giunto	50 956 [kg]
Forza normale	82 500 [kg]	Momento flettente agente sul giunto	25 361 [kgm]
Momento flettente agente sulle ali	116 639 [kgm]	Eccentricità del taglio	10 [cm]
Momento flettente agente sull'anima	25 361 [kgm]	Momento torcente di trasporto	4 410 [kgm]
Forza normale agente sulle ali	15 772 [kg]	Momento totale	29 771 [kgm]
Forza normale agente sull'anima	50 956 [kg]	Numero di sezioni resistenti per ogni bullone	2
<b>Caratteristiche dei materiali</b>		Forza verticale dovuta al taglio	735 [kg]
Resistenza di calcolo dell'acciaio	3 381 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Forza verticale dovuta alla normale	849 [kg]
Resistenza a taglio dei bulloni	4 950 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Forza orizzontale dovuta al momento torcente	2 820 [kg]
Diametro bulloni d'ala	20 [mm]	Forza verticale dovuta al momento torcente	376 [kg]
Diametro bulloni d'anima	20 [mm]	Risultante di taglio sul bullone più caricato	3 834 [kg]
Diametro dei fori d'ala	22 [mm]	<b>Verifica di resistenza dei bulloni</b>	<b>1 565 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
Diametro dei fori d'anima	22 [mm]	Momento d'inerzia dei fazzoletti al netto dei fori	170 667 [cm <sup>4</sup> ]
<b>Verifica del giunto d'ala</b>		Area dei fazzoletti al netto dei fori	206 [cm <sup>2</sup> ]
Forza di scorrimento su metà coprigiunto	116 323 [kg]	<b>Verifica di resistenza dei coprigiunti</b>	<b>1 016 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
Numero di sezioni resistenti per ogni bullone	2	<b>Verifica di rifollamento dell'anima della trave o dei coprigiunti</b>	<b>1 278 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
<b>Verifica di resistenza dei bulloni</b>	<b>1 484 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	<b>Verifica del profilo al netto dei fori</b>	
Larghezza coprigiunto sup.	40 [cm]	Momento d'inerzia della sezione depurata dai fori	1192 648 [cm <sup>4</sup> ]
Larghezza coprigiunto inf.	37 [cm]	Modulo di resistenza calcolato sull'estradosso dell'ala	19 877 [cm <sup>3</sup> ]
Spessore coprigiunto	2 [cm]	Modulo di resistenza calcolato sull'intradosso dell'ala	21 297 [cm <sup>3</sup> ]
Numero di bulloni per fila	2	Tensione massima all'estradosso dell'ala	714 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Area netta coprig. Sup.	71 [cm <sup>2</sup> ]	Tensione massima all'intradosso dell'ala	667 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Area netta coprig. Inf.	65 [cm <sup>2</sup> ]	Tensione tangenziale media all'intradosso dell'ala	176 [kg/cm <sup>2</sup> ]
<b>Verifica semplice coprigiunto</b>	<b>1 634 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	<b>Tensione ideale all'intradosso dell'ala</b>	<b>733 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
<b>Verifica doppio coprigiunto</b>	<b>853 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	<b>Tutte le verifiche risultano soddisfatte</b>	
<b>Verifica di rifollamento dell'ala della trave o c</b>	<b>909 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>		

### 13.3 UNIONE DI CONTINUITÀ TRASVERSO CAMPATA



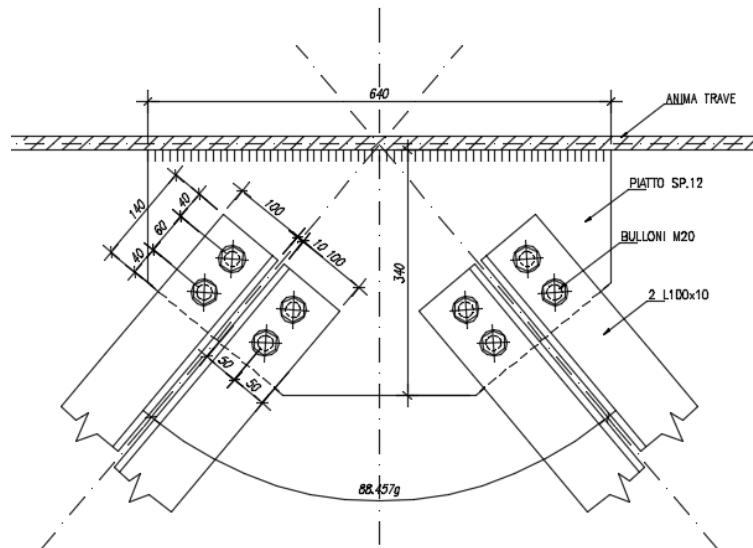
Caratteristiche del profilo utilizzato		HEB1000	Caratteristiche di sollecitazione	
Altezza del profilo	$h$	100 [cm]	Taglio	29,400 [kg]
Larghezza dell'ala	$b$	30 [cm]	Momento flettente	74,700 [kgm]
Spessore dell'anima	$t_w$	1.9 [cm]	Forza normale	80,100 [kg]
Spessore delle ali	$t_f$	3.6 [cm]	Momento flettente agente sulle ali	58,167 [kgm]
Raggio di curvatura	$r$	3 [cm]	Momento flettente agente sull'anima	16,533 [kgm]
Altezza saldabile	$h_1$	86.8 [cm]	Forza normale agente sulle ali	22,396 [kg]
Altezza interna	$h_2$	92.8 [cm]	Forza normale agente sull'anima	35,308 [kg]
Area della sezione	$A$	400 [cm <sup>2</sup> ]	<b>Caratteristiche dei materiali</b>	
Momento d'inerzia xx	$J_{xx}$	644748 [cm <sup>4</sup> ]	Resistenza di calcolo	3,381 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia yy	$J_{yy}$	16276 [cm <sup>4</sup> ]	Diametro bulloni d'ala	20 [mm]
Modulo di resistenza xx	$W_{xx}$	12895 [cm <sup>3</sup> ]	Diametro bulloni d'anima	20 [mm]
Modulo di resistenza yy	$W_{yy}$	1085 [cm <sup>3</sup> ]	Area resistente del bullone d'ala	2.45 [cm <sup>2</sup> ]
Raggio d'inerzia xx	$i_{xx}$	40.15 [cm]	Resistenza a taglio del bullone	4950 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Raggio d'inerzia yy	$i_{yy}$	6.38 [cm]	Passo minimo dei bulloni d'ala	6 [cm]
Momento d'inerzia delle ali	$J_{xx(ali)}$	502053 [cm <sup>4</sup> ]	Passo minimo dei bulloni d'anima	6 [cm]
Momento d'inerzia dell'anima	$J_{xx(anima)}$	142695 [cm <sup>4</sup> ]	Passo reale adottato (bulloni anima)	6 [cm]
Area dell'anima	$A_{(anima)}$	176.32 [cm <sup>2</sup> ]	Area resistente del bullone d'anima	2.45 [cm <sup>2</sup> ]
Area delle ali	$A_{(ali)}$	223.68 [cm <sup>2</sup> ]		

Geometria del fazzoletto d'anima	
Altezza del fazzoletto	$h_c$ 56 [cm]
Larghezza metà fazzoletto	$L_c$ 20.25 [cm]
Numero bulloni d'anima	$n_{b,w}$ 27
Ascissa baricentro bulloni	$X_{G,b}$ 10 [cm]
Ordinata baricentro bulloni	$Y_{G,b}$ 28.00 [cm]
Spessore del fazzoletto	$t_{cw}$ 2 [cm]

Caratteristiche di sollecitazione		Verifica del giunto d'anima	
Denominazione del giunto	<b>TRASV. CAMPATA</b>		
Profilo utilizzato nel giunto	<b>HEB1000</b>		
Taglio	29 400 [kg]	Forza di taglio agente sul giunto	29 400 [kg]
Momento flettente	74 700 [kgm]	Forza normale agente sul giunto	35 308 [kg]
Forza normale	80 100 [kg]	Momento flettente agente sul giunto	16 533 [kgm]
Momento flettente agente sulle ali	58 167 [kgm]	Eccentricità del taglio	10 [cm]
Momento flettente agente sull'anima	16 533 [kgm]	Momento torcente di trasporto	2 940 [kgm]
Forza normale agente sulle ali	22 396 [kg]	Momento totale	19 473 [kgm]
Forza normale agente sull'anima	35 308 [kg]	Numero di sezioni resistenti per ogni bullone	2
		Forza verticale dovuta al taglio	544 [kg]
		Forza verticale dovuta alla normale	654 [kg]
		Forza orizzontale dovuta al momento torcente	3 278 [kg]
		Forza verticale dovuta al momento torcente	820 [kg]
		Risultante di taglio sul bullone più caricato	4 162 [kg]
		<b>Verifica di resistenza dei bulloni</b>	<b>1 699 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
		Momento d'inerzia dei fazzoletti al netto dei fori	58 539 [cm <sup>4</sup> ]
		Area dei fazzoletti al netto dei fori	145 [cm <sup>2</sup> ]
		<b>Verifica di resistenza dei coprigiunti</b>	<b>1 227 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
		<b>Verifica di rifollamento dell'anima della trave o dei coprigi</b>	<b>2 190 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
Caratteristiche dei materiali		Verifica del profilo al netto dei fori	
Resistenza di calcolo dell'acciaio	3 381 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Momento d'inerzia della sezione depurata dai fori	571 148 [cm <sup>4</sup> ]
Resistenza a taglio dei bulloni	4 950 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Modulo di resistenza calcolato sull'estradosso dell'ala	11 423 [cm <sup>3</sup> ]
Diametro bulloni d'ala	20 [mm]	Modulo di resistenza calcolato sull'intradosso dell'ala	12 309 [cm <sup>3</sup> ]
Diametro bulloni d'anima	20 [mm]	Tensione massima all'estradosso dell'ala	654 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Diametro dei fori d'ala	22 [mm]	Tensione massima all'intradosso dell'ala	607 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Diametro dei fori d'anima	22 [mm]	Tensione tangenziale media all'intradosso dell'ala	212 [kg/cm <sup>2</sup> ]
		<b>Tensione ideale all'intradosso dell'ala</b>	<b>709 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>
Verifica del giunto d'ala		<b>Tutte le verifiche risultano soddisfatte</b>	
Forza di scorrimento su metà coprigiunto	82 736 [kg]		
Numero di sezioni resistenti per ogni bullone	2		
<b>Verifica di resistenza dei bulloni</b>	<b>1 055 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>		
Larghezza coprigiunto sup.	30 [cm]		
Larghezza coprigiunto inf.	22 [cm]		
Spessore coprigiunto	2 [cm]		
Numero di bulloni per fila	2		
Area netta coprig. Sup.	51 [cm <sup>2</sup> ]		
Area netta coprig. Inf.	35 [cm <sup>2</sup> ]		
<b>Verifica semplice coprigiunto</b>	<b>1 616 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>		
<b>Verifica doppio coprigiunto</b>	<b>955 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>		
<b>Verifica di rifollamento dell'ala della trave o c</b>	<b>718 [kg/cm<sup>2</sup>]</b>		

### 13.4 VERIFICA NODI CONTROVENTI ORIZZONTALI

La controventatura è soggetta all'azione del vento agente perpendicolarmente all'anima della trave principale.



Componente trasversale

$$q_{vb} = 2.03 \text{ kN/mq}$$

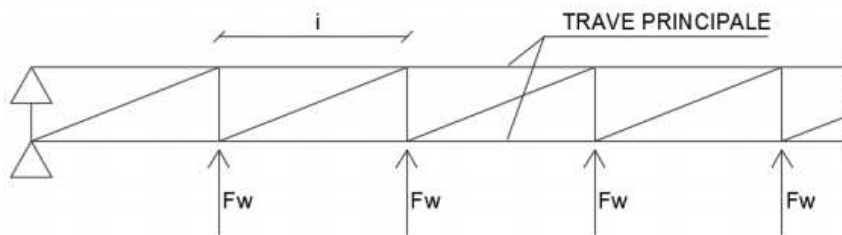


$$F_w = h/2 \cdot q_{vb} \cdot i = (2.61 / 2) \cdot 2.03 \cdot 6.00 = 15.89 \text{ kN}$$

Con  $h$  = altezza media trave principale = 2.61m

$i$  = interasse medio controventi = 6.00m

La forza derivante dal vento viene applicata, nel piano orizzontale, ad una trave reticolare, in cui vengono considerati solo i controventi tesi:



La forza risultante nel controvento all'appoggio risulta pari ad  $N_k = 69.82 \text{ kN}$

Risulta dunque  $N_{ED} = N_k \cdot 1.5 = 104.73 \text{ kN}$

#### Verifica Profilo L100x100x10

$A$  = area lorda =  $19.15 \text{ cm}^2$

$d_0$  = diametro foro = 22 mm

$d$  = diametro bullone = 20 mm

$t_p$  = spessore profilo = 10mm

$t_g$  = spessore piatto = 12mm

$A_{net} = A - d_0 \cdot t_p = 17.15 \text{ cm}^2$

$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 647 \text{ kN}$

$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk} / \gamma_{M0} = 622 \text{ kN}$

$N_{Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = 622 \text{ kN} > 104.73 \text{ kN}$

Verificato Verifica Bullone  $N_{ED} = 104.73 \text{ kN} / 4 = 26.18 \text{ kN}$

L'eccentricità tra l'asse baricentrico dell'unione e le linee di truschino genera una componente orizzontale su ogni bullone, perpendicolare all'azione tagliante  $N_{ED}$  già calcolata.

La risultante su ogni bullone è dunque pari a:

$$R_{ed} = 29.93 \text{ kN}$$

Unioni a taglio			
$f_{ub} =$	1000	N/mm <sup>2</sup>	tensione ultima del bullone
$A_s =$	245	mm <sup>2</sup>	area sezione filettata del bullone
$n_{res} =$	2		numero sezioni resistenti del bullone
$\gamma_{M2} =$	1,25		
	0,5	==>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>classi 4.6-5.6-8-8.8</span> <span>0,6</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>classi 4.8-5.8-6.8-10.9</span> <span>0,5</span> </div>
$F_{v,Rd} =$	196,00	kN	resistenza a taglio di progetto del bullone

Rifollamento			
$f_u =$	510	N/mm <sup>2</sup>	tensione di rottura del piatto
$t_p =$	10	mm	spessore profilo
$t_g =$	16	mm	spessore piatto
$t =$	10	mm	spessore di calcolo
$f_{ub} =$	1000	N/mm <sup>2</sup>	tensione ultima del bullone
$d =$	20	mm	diametro del bullone
$d_0 =$	22	mm	diametro del foro
$\gamma_{M2} =$	1,25		
<u>bulloni interni</u>			
$p_1 =$	60	mm	passo dei bulloni nella direzione parallela a quella della forza
$p_2 =$	40	mm	passo dei bulloni nella direzione ortogonale a quella della forza
$\alpha_b =$	1		
$k_l =$	0,85		
$F_{b,Rd} =$	68,99	kN	resistenza a rifollamento
<u>bulloni di bordo</u>			
$e_1 =$	40	mm	distanza dal bordo dei bulloni nella direzione parallela a quella della forza
$e_2 =$	40	mm	distanza dal bordo dei bulloni nella direzione ortogonale a quella della forza
$\alpha_b =$	1		
$k_l =$	2,5		
$F_{b,Rd} =$	204,00	kN	resistenza a rifollamento
$F_{b,Rd} =$	68,99	kN	resistenza a rifollamento

FbRd= 68.99 kN > 29.93 kN Verificato

### Verifica Piatto

$$L = \text{Lunghezza lorda} = 2 * p_1 * \text{tg}30^\circ * 2 = 13.6 \text{ cm}$$

$$d_0 = \text{diametro foro} = 22 \text{ mm}$$

$$d = \text{diametro bullone} = 20 \text{ mm}$$

$$t_g = \text{spessore piatto} = 12 \text{ mm}$$

$$L_{\text{net}} = \text{Lunghezza netta} = L - d_0 = 11.4 \text{ cm}$$

$$A_{\text{net}} = L_{\text{net}} * t_g = 13.68 \text{ cm}^2$$

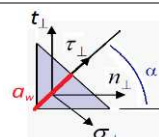
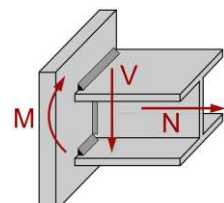
$$N_{\text{Rd}} = A_{\text{net}} * f_{yk} / \gamma_{M0} = 462.51 \text{ kN} > N_{\text{ED}} = 104.73 \text{ kN} \text{ Verificato}$$

### 13.5 VERIFICA COLLEGAMENTO SALDATO A CORDONE D'ANGOLO

Si suppone convenzionalmente che lo sforzo di taglio sia assorbito soltanto dai cordoni dell'anima e che le corrispondenti tensioni tangenziali siano uniformemente distribuite nelle relative sezioni di gola.

Le tensioni normali dovute al momento flettente si calcolano invece prendendo in considerazione i cordoni posti sulle ali.

#### 13.5.1 Trasverso pila

INPUT - Materiale		INPUT - Sollecitazioni		OUTPUT geometrici cordoni		
Qualità acciaio:	UNI EN 10025 S 355	N =	0.00 [kN]	Gruppo cordoni 1		
$f_{yk} =$	355 [Mpa]	V =	305.00 [kN]	$A_{w,1} =$	7970.00 [mm <sup>2</sup> ]	<b>Tensioni sui Cordoni 3</b> $t_{//} = 11.13$ [Mpa] $\tau_{//} = 11.13$ [Mpa]
$f_{tk} =$	510 [Mpa]	M =	1071.00 [kNm]	$J_{w,1} =$	448319.14 [cm <sup>4</sup> ]	
$\beta =$	0.90 [-]			Gruppo cordoni 2		$\sigma_{\perp, \text{max}} = 43.93 = \sigma_{\perp} \leq 0,9 \frac{f_{tk}}{\gamma_{M2}} = 367.20$ <b>verificato</b>
INPUT - Dati Geometrici				Geometria trave		
Geometria cordoni		Geometria cordoni		Modulo resistente saldature		$W_w = 17238.82$ [cm <sup>3</sup> ]
H =	1500.0 [mm]	Gruppo cordoni 1		Verifica resistenza delle saldature a cordoni d'angolo		
$t_w =$	30.0 [mm]	Gruppo cordoni 2		NTC2018 - 4.2.8.2.4		$\sigma_{\perp, \text{max}} = 87.86 = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \gamma_{M2}} = 453.33$ <b>verificato</b>
$t_f =$	40.0 [mm]	Gruppo cordoni 3		Metodo 1		
Geometria cordoni		Geometria cordoni		[4.2.81]		$\sigma_{\perp, \text{max}} = 87.86 = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \gamma_{M2}} = 453.33$ <b>verificato</b>
Gruppo cordoni 1		Gruppo cordoni 1		[4.2.81]		
$a_{w,1} =$	10.0 [mm]	Gruppo cordoni 2		[4.2.81]		$\sigma_{\perp, \text{max}} = 87.86 = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \gamma_{M2}} = 453.33$ <b>verificato</b>
$L_{w,1} =$	398.5 [mm]	Gruppo cordoni 3		[4.2.81]		
$a_{w,2} =$	10.0 [mm]	Gruppo cordoni 3		[4.2.81]		$\sigma_{\perp, \text{max}} = 87.86 = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \gamma_{M2}} = 453.33$ <b>verificato</b>
$L_{w,2} =$	398.5 [mm]	Gruppo cordoni 3		[4.2.81]		
$a_{w,3} =$	10 [mm]	Gruppo cordoni 3		[4.2.81]		$\sigma_{\perp, \text{max}} = 87.86 = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \gamma_{M2}} = 453.33$ <b>verificato</b>
$L_{w,3} =$	1370.0 [mm]	Gruppo cordoni 3		[4.2.81]		

### 13.5.2 Trasverso spalla

INPUT - Materiale		INPUT - Sollecitazioni		OUTPUT geometrici cordoni		
Qualità acciaio:	UNI EN 10025 S 355	N =	0.00 [kN]	Gruppo cordoni 1		
$f_{yk} =$	355 [Mpa]	V =	393.00 [kN]	$A_{w,1} =$	7970.00 [mm <sup>2</sup> ]	
$f_{tk} =$	510 [Mpa]	M =	1295.00 [kNm]	$J_{w,1} =$	286926.64 [cm <sup>4</sup> ]	Tensioni sui Cordoni 3 $t_{//} = 18.71$ [Mpa] $\tau_{//} = 18.71$ [Mpa]
$\beta =$	0.90 [-]			Gruppo cordoni 2		
INPUT - Dati Geometrici				Gruppo cordoni 3		
Geometria trave		Modulo resistente saldature		Verifica resistenza delle saldature a cordoni d'angolo		$\sigma_{\perp,max} = 67.07 = \sigma_{\perp} \leq 0,9 \frac{f_{tk}}{\gamma_{M2}} = 367.20$ <b>verificato</b>
H =	1200.0 [mm]	NTC2018 - 4.2.8.2.4		Metodo 1		
$t_w =$	20.0 [mm]	[4.2.81]		$\sigma_{ID,max} = 134.15 = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta\gamma_{M2}} = 453.33$ <b>verificato</b>		
$t_f =$	40.0 [mm]			Gruppo cordoni 1 $a_{w,1} = 10.0$ [mm] $L_{w,1} = 398.5$ [mm]		
Geometria cordoni		Gruppo cordoni 2 $a_{w,2} = 10.0$ [mm] $L_{w,2} = 398.5$ [mm]		Gruppo cordoni 3 $a_{w,3} = 10$ [mm] $L_{w,3} = 1050.0$ [mm]		

### 13.5.3 Trasverso campata

INPUT - Materiale		INPUT - Sollecitazioni		OUTPUT geometrici cordoni		
Qualità acciaio:	UNI EN 10025 S 355	N =	0.00 [kN]	Gruppo cordoni 1		
$f_{yk} =$	355 [Mpa]	V =	143.00 [kN]	$A_{w,1} =$	7970.00 [mm <sup>2</sup> ]	
$f_{tk} =$	510 [Mpa]	M =	453.00 [kNm]	$J_{w,1} =$	199256.64 [cm <sup>4</sup> ]	Tensioni sui Cordoni 3 $t_{//} = 8.22$ [Mpa] $\tau_{//} = 8.22$ [Mpa]
$\beta =$	0.90 [-]			Gruppo cordoni 2		
INPUT - Dati Geometrici				Gruppo cordoni 3		
Geometria trave		Modulo resistente saldature		Verifica resistenza delle saldature a cordoni d'angolo		$\sigma_{\perp,max} = 28.44 = \sigma_{\perp} \leq 0,9 \frac{f_{tk}}{\gamma_{M2}} = 367.20$ <b>verificato</b>
H =	1000.0 [mm]	NTC2018 - 4.2.8.2.4		Metodo 1		
$t_w =$	20.0 [mm]	[4.2.81]		$\sigma_{ID,max} = 56.89 = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta\gamma_{M2}} = 453.33$ <b>verificato</b>		
$t_f =$	40.0 [mm]			Gruppo cordoni 1 $a_{w,1} = 10.0$ [mm] $L_{w,1} = 398.5$ [mm]		
Geometria cordoni		Gruppo cordoni 2 $a_{w,2} = 10.0$ [mm] $L_{w,2} = 398.5$ [mm]		Gruppo cordoni 3 $a_{w,3} = 10$ [mm] $L_{w,3} = 870.0$ [mm]		

## 14 SOLETTA DI IMPALCATO

L’impalcato in esame è costituito da 2 travi in acciaio poste ad interasse di 6.00 m, con sbalzi di 2.625 m, per una larghezza complessiva di impalcato pari a 11.25 m. La soletta in c.a. gettata in opera ha spessore 30 cm.

La ricerca delle sollecitazioni prodotte nella soletta è effettuato mediante apposito modello spaziale a piastre, eseguito utilizzando il software di modellazione agli elementi finiti Sap2000.

### 14.1 ANALISI DEI CARICHI DELLA SOLETTA

Per quanto concerne i sovraccarichi accidentali indotti dal traffico, relativamente agli effetti locali, si utilizzano gli schemi di carico convenzionali 1 e 2 come indicato nella normativa vigente (nuove norme tecniche per le costruzioni ‘NTC18’) per ponti di prima categoria.

In particolare, lo Schema di Carico 1 è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come già mostrato nel paragrafo della presente relazione relativo all’analisi dei carichi mobili accidentali. Questo schema si assume a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.

Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Figura 27 Intensità dei carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  per le diverse corsie

Relativamente allo Schema di carico 2, questo è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali.

### 14.2 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

Definiti gli schemi di carico, sopra citati, si procede alla definizione delle combinazioni allo SLU e allo SLE-Rara, SLE-Frequente e SLE-Quasi Permanente, applicando i coefficienti conformi alla normativa vigente.

Si prevede un’armatura costituita da  $\phi 20/10$  in zona tesa (sezione 1), ad eccezione delle zone di estremità e delle pile dove si prevede un’armatura costituita da  $\phi 24/10$  in zona tesa (sezione 2).

Di seguito i diagrammi dei momenti massimi in campata e all'appoggio, relativi alla combinazione di carico SLU/SLV, SLE\_FR, SLE\_QP.

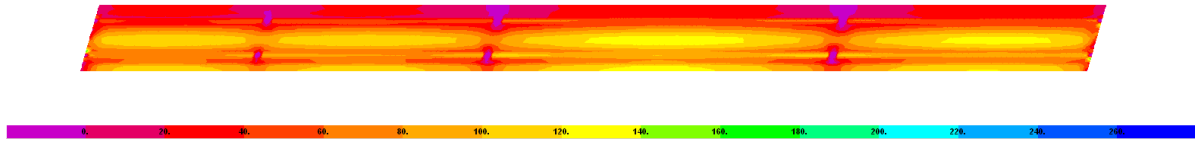


Figura 28 M11 max - Involuppo SLU/SLV- Sezione 1

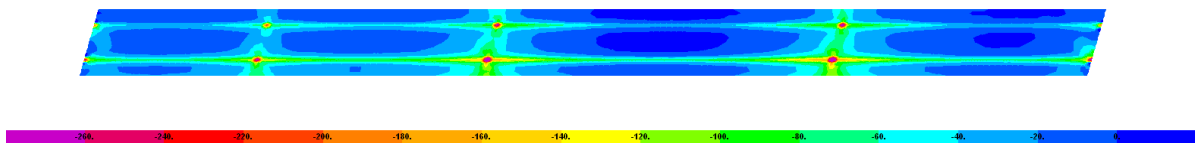


Figura 29 M11 min - Involuppo SLU/SLV - Sezione 1

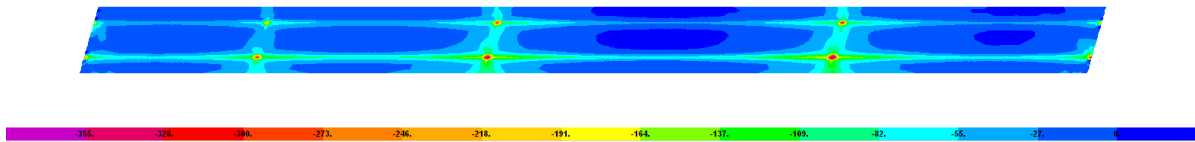


Figura 30 M11 min - Involuppo SLU/SLV - Sezione 2

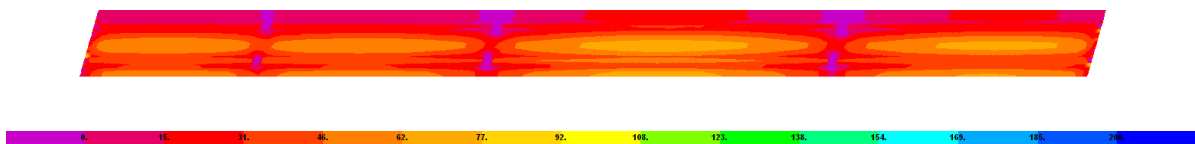


Figura 31 M11 max - Involuppo SLE\_FR- Sezione 1

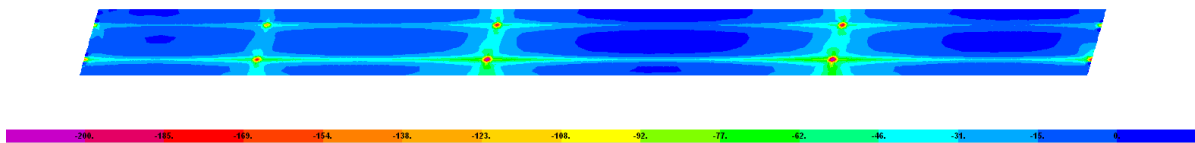


Figura 32 M11 min - Involuppo SLE\_FR- Sezione 1

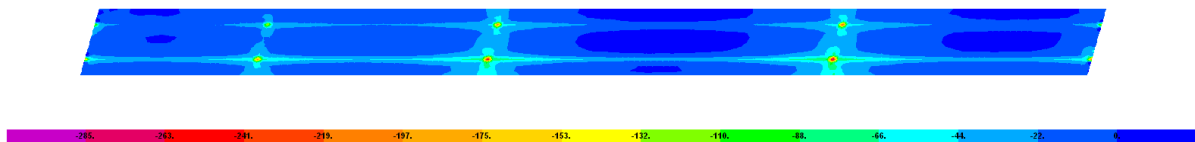


Figura 33 M11 min - Involuppo SLE\_FR- Sezione 2

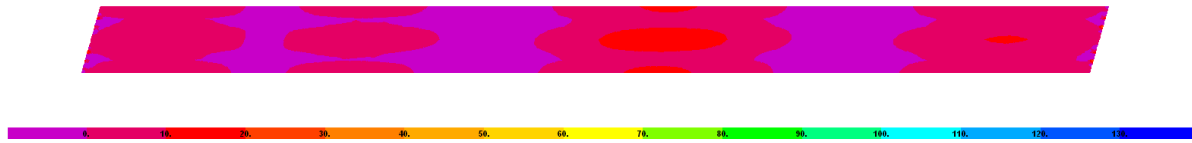


Figura 34 M11 max - Involuppo SLE\_QP- Sezione 1

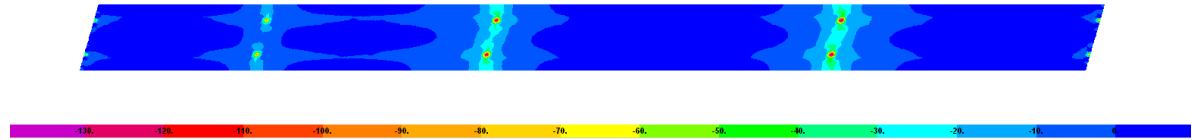


Figura 35 M11 min - Involuppo SLE\_QP- Sezione 1

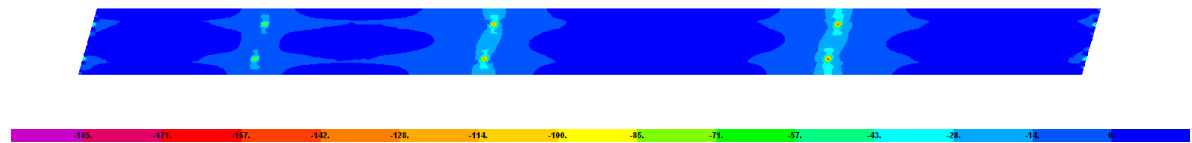


Figura 36 M11 min - Involuppo SLE\_QP- Sezione 2

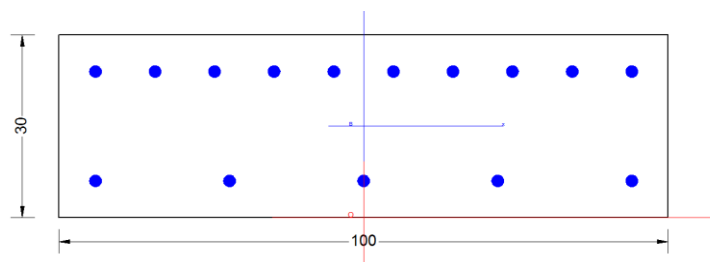
### 14.3 VERIFICA DELLA SOLETTA

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite in RC-SEC.

#### 14.3.1 Armatura di appoggio (Sezione 1)

Armatura tesa  $\Phi 20/10$

Armatura compressa  $\Phi 20/20$



#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C35/45
	Resis. compr. di progetto $f_{cd}$ :	21.170 MPa
	Def.unit. max resistenza $ec2$ :	0.0020
	Def.unit. ultima $ecu$ :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale $E_c$ :	34625.0 MPa
	Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :	3.350 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	$Sc$ limite S.L.E. comb. Frequenti:	224.10 daN/cm <sup>2</sup>

RELAZIONE DI CALCOLO

	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :	0.50	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C35/45	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.0	6.0	20
2	-44.0	24.0	20
3	44.0	24.0	20
4	44.0	6.0	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	20
2	2	3	8	20

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y



N°Comb.	N	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x			
		Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-258.00	0.00	0.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-190.00 (-65.25)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-125.00 (-65.25)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-258.00	0.00	0.00	-258.07	0.00	1.00	31.4(4.6)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

RELAZIONE DI CALCOLO

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.275	-50.0	0.0	0.00031	-44.0	6.0	-0.00924	44.0	24.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000530845	0.003500000	0.275	0.783

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	15.26	50.0	0.0	-300.4	34.2	24.0	650	31.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00216	0	0.500	20.0	50	0.00124 (0.00090)	240	0.297 (0.30)	-65.25	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.04	50.0	0.0	-197.6	34.2	24.0	650	31.4

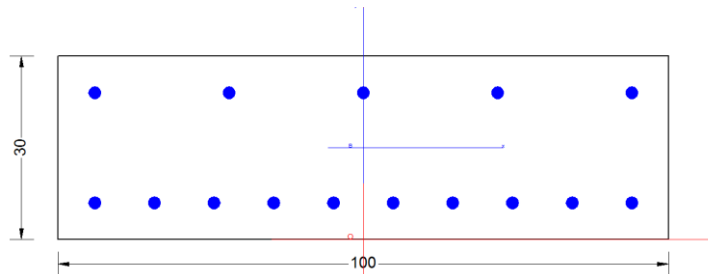
**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00142	0	0.500	20.0	50	0.00081 (0.00059)	240	0.195 (0.20)	-65.25	0.00

**14.3.2 Armatura di campata (Sezione 1)**

Armatura tesa  $\Phi 20/10$

Armatura compressa  $\Phi 20/20$



**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C35/45
	Resis. compr. di progetto fcd:	21.170 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	34625.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.350 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	224.10 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C35/45

N°vertice: X [cm] Y [cm]

1	-50.0	0.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.0	6.0	20
2	-44.0	24.0	20
3	44.0	24.0	20
4	44.0	6.0	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	20
2	2	3	3	20

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	258.00	0.00	0.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	190.00 (65.25)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
---	---

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	125.00 (65.25)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	258.00	0.00	0.00	258.07	0.00	1.00	31.4(4.6)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.275	-50.0	30.0	0.00031	44.0	24.0	-0.00924	-44.0	6.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000530845	-0.012425354	0.275	0.783

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata								
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]								
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)								
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]								
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)								
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre								
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure								
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	15.26	-50.0	30.0	-300.4	-44.0	6.0	650	31.4

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$											
e1	Esito della verifica											
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]											
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]											
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]											
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]											
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]											
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]											
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]											
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00216	0	0.500	20.0	50	0.00124 (0.00090)	240	0.297 (0.30)	65.25	0.00	

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.04	-50.0	30.0	-197.6	-34.2	6.0	650	31.4

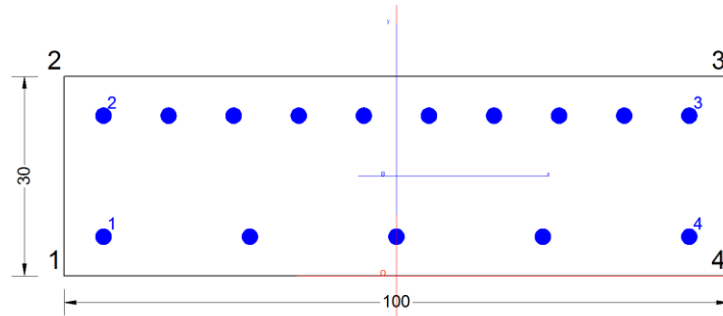
**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00142	0	0.500	20.0	50	0.00081 (0.00059)	240	0.195 (0.20)	65.25	0.00

**14.3.3 Armatura d'infittimento (Sezione 2)**

Armatura tesa  $\Phi 24/10$

Armatura compressa  $\Phi 24/20$



**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C35/45
	Resis. compr. di progetto fcd:	21.170 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	34625.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.350 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	224.10 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.8	6.2	24
2	-43.8	23.8	24
3	43.8	23.8	24
4	43.8	6.2	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	8	24

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-350.00	0.00	0.00	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-260.00 (-70.87)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-175.00 (-70.87)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.3 cm



**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)								
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-350.00	0.00	0.00	-350.79	0.00	1.00	45.2(4.6)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione									
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)									
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)									
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.342	-50.0	0.0	0.00083	-43.8	6.2	-0.00674	43.8	23.8

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000430368	0.003500000	0.342	0.867

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata								
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]								
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)								
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]								
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)								
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre								
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure								
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	18.31	50.0	0.0	-295.2	24.3	23.8	700	45.2

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

**RELAZIONE DI CALCOLO**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_c$ eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00222	0	0.500	24.0	50	0.00126 (0.00089)	233	0.294 (0.30)	-70.87	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	12.32	50.0	0.0	-198.7	34.1	23.8	700	45.2

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

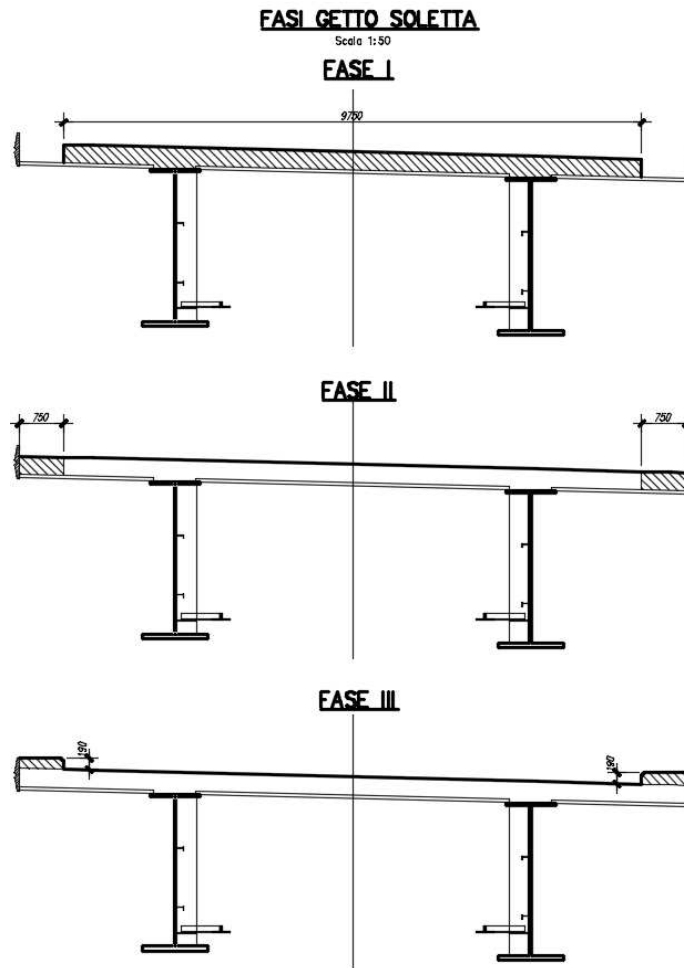
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00149	0	0.500	24.0	50	0.00085 (0.00060)	233	0.198 (0.20)	-70.87	0.00

**14.4 VERIFICA PREDALLE IN FASE DI GETTO**

Nella presente sezione si verifica l'armatura delle predalles in fase di getto. Tutte le armature principali della soletta saranno realizzate con acciaio B450C. Le solette degli impalcati saranno realizzate con l'ausilio di predalles autoportanti, aventi spessore di 6 cm e larghezza pari a 240 cm, tessute trasversalmente e appoggiate sulle travi metalliche principali. Le predalles sono dotate di tralicci  $H = 18$  cm.

Il getto della soletta è previsto mediante 3 fasi di getto distinte, mostrate in figura, così definite:

- Fase 1-2: getto nella zona compresa fra le travi metalliche e sullo sbalzo;
- Fase 3: getto nella zona rimanente dello sbalzo; tale getto di completamento sarà realizzato soltanto dopo che il calcestruzzo del getto di prima fase abbia raggiunto una resistenza maggiore di 25 MPa.



**Caratteristiche sezione**

	valore	unità
Interasse trasversale tralicci	<b>340</b>	mm
Altezza totale solaio	<b>360</b>	mm
Spessore soletta superiore	300	mm
Larghezza travetti	<b>0</b>	mm

**Caratteristiche geometriche traliccio**

Diametro corrente superiore	<b>20</b>	mm
Diametro corrente inferiore	<b>16</b>	mm
Diametro aste diagonali	<b>10</b>	mm
Interasse trasversale correnti inferiori	<b>106</b>	mm
Interasse longitudinale diagonali	<b>200</b>	mm
Altezza traliccio	<b>180</b>	mm
Spessore lastre predalles	<b>60</b>	mm

**Pesi specifici materiali**

MANDATARIA

MANDANTE

Peso specifico cls fresco al getto	<b>25</b> KN/m <sup>3</sup>
Peso specifico cls maturato	<b>25</b> KN/m <sup>3</sup>
Peso specifico blocchi alleggerimento	<b>25</b> KN/m <sup>3</sup>
Peso specifico acciaio	<b>78.5</b> KN/m <sup>3</sup>

#### Resistenza materiali

Resistenza caratteristica cubica cls	<b>45</b> Mpa
Resistenza caratteristica snervamento acciaio	<b>450</b> Mpa
Fattore parziale riduzione resistenza cls	<b>1.50</b>
Fattore parziale riduzione resistenza acciaio	<b>1.15</b>
Resistenza di calcolo cls	21.17 Mpa
Resistenza di calcolo acciaio	391.30 Mpa

#### Carichi solaio I fase

Peso traliccio	<b>0.29</b> KPa
Peso predalles	1.50 KPa
Peso cls al getto	7.50 KPa
Peso blocchi	0.00 KPa
Sovraccarico attrezzature cantiere	<b>1.00</b> KPa

#### Carichi traliccio singolo I fase

Peso traliccio	0.10 KN/m
Peso predalles	0.51 KN/m
Peso cls al getto	2.55 KN/m
Peso blocchi alleggerimento	0.00 KN/m
Sovraccarico attrezzature cantiere	0.34 KN/m

#### Coefficienti combinazione carichi SLU

coefficiente carichi permanenti strutturali	<b>1.35</b>
coefficiente carichi permanenti non strutturali	<b>1.35</b>
coefficiente sovraccarichi variabili	<b>1.50</b>

#### Carico di calcolo SLU I fase

Carico di calcolo SLU I fase traliccio singolo	4.77 KN/m
--	-----------

#### Coefficienti combinazione carichi SLE

coefficiente carichi permanenti strutturali	<b>1.00</b>
coefficiente carichi permanenti non strutturali	<b>1.00</b>
coefficiente sovraccarichi variabili	<b>1.00</b>

#### Caratteristiche geometriche trave

Luce campata trave	<b>6.00</b> m
--------------------	---------------

#### Sollecitazioni slu I fase traliccio singolo

Momento max campata	16.1 KNm
Taglio max appoggi	21.5 KN

### Parametri geometrici per verifiche aste traliccio

Braccio correnti sup-inf	162 mm
Angolo $\alpha$ asta diagonale/piano sez trasv	0.55 rad
Angolo $\beta$ asta diagonale/piano sez long	0.32 rad
Lunghezza corrente superiore	200 mm
Lunghezza asta diagonale	197.6 mm

### Sollecitazioni sl u fase aste traliccio

Forza di compressione corrente superiore	99.4 KN
Forza di trazione corrente singolo inferiore	49.7 KN
Forza compressione asta diagonale	13.3 KN

### Verifiche sl u aste traliccio:stabilità diagonale

Area tondo	78.54 mm <sup>2</sup>
Mom inerzia tondo	490.87 mm <sup>4</sup>
Raggio di girazione	2.50 mm
Lunghezza lib. Inflessione	197.62 mm
Snellezza	79.05 -
Fattore amplificazione $\omega$	1.77
Tensione normale amplificata	300.0 Mpa

VERIFICA ( $\omega \sigma < f_{yd}$ ) **OK**

### Verifiche sl u aste traliccio:stabilità corrente compresso

Area tondo	314.16 mm <sup>2</sup>
Mom inerzia tondo	7853.98 mm <sup>4</sup>
Raggio di girazione	5.00 mm
Lunghezza lib. Inflessione	200.00 mm
Snellezza	40.00 -
Fattore amplificazione $\omega$	1.19
Tensione normale amplificata	376.6 Mpa

VERIFICA ( $\omega \sigma < f_{yd}$ ) **OK**

### Verifiche sl u aste traliccio:resistenza corrente teso

Area tondo	201.06 mm <sup>2</sup>
Tensione normale	247.21 Mpa
Deformazione iniziale acciaio correnti inferiori	0.00118

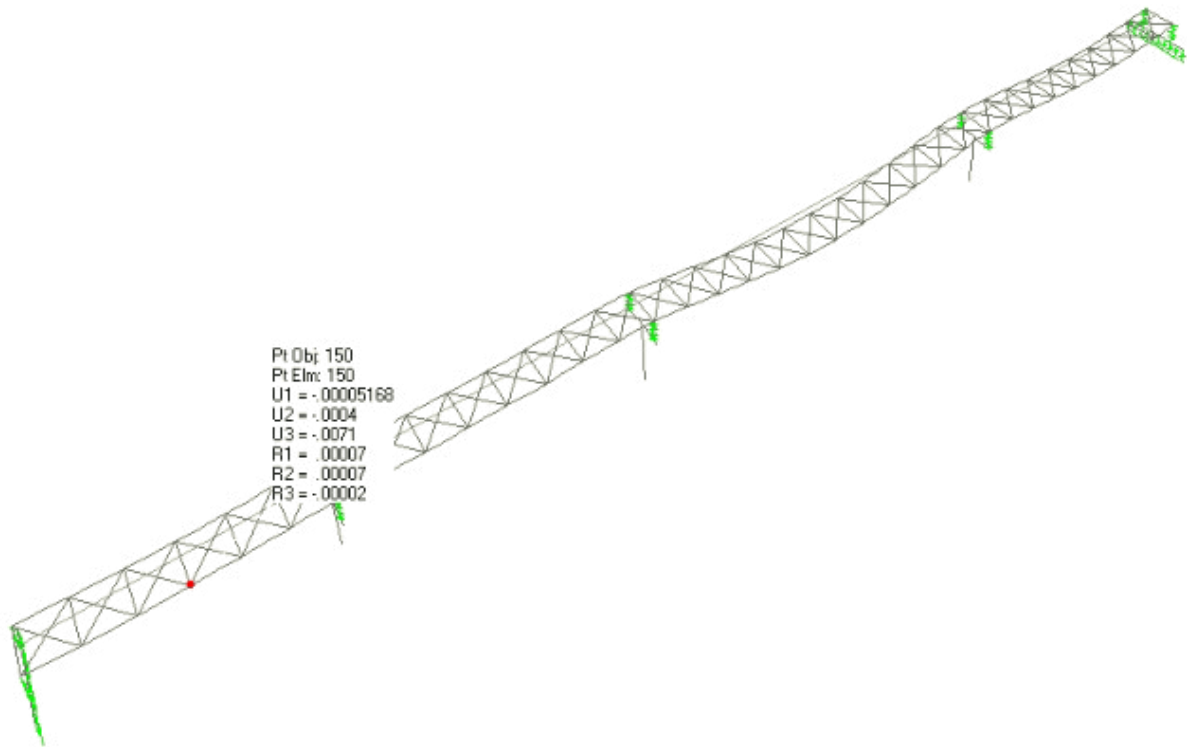
VERIFICA ( $\sigma < f_{yd}$ ) **OK**

## 15 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

Per il controllo delle deformazioni si riportano gli abbassamenti riferiti alle seguenti condizioni:

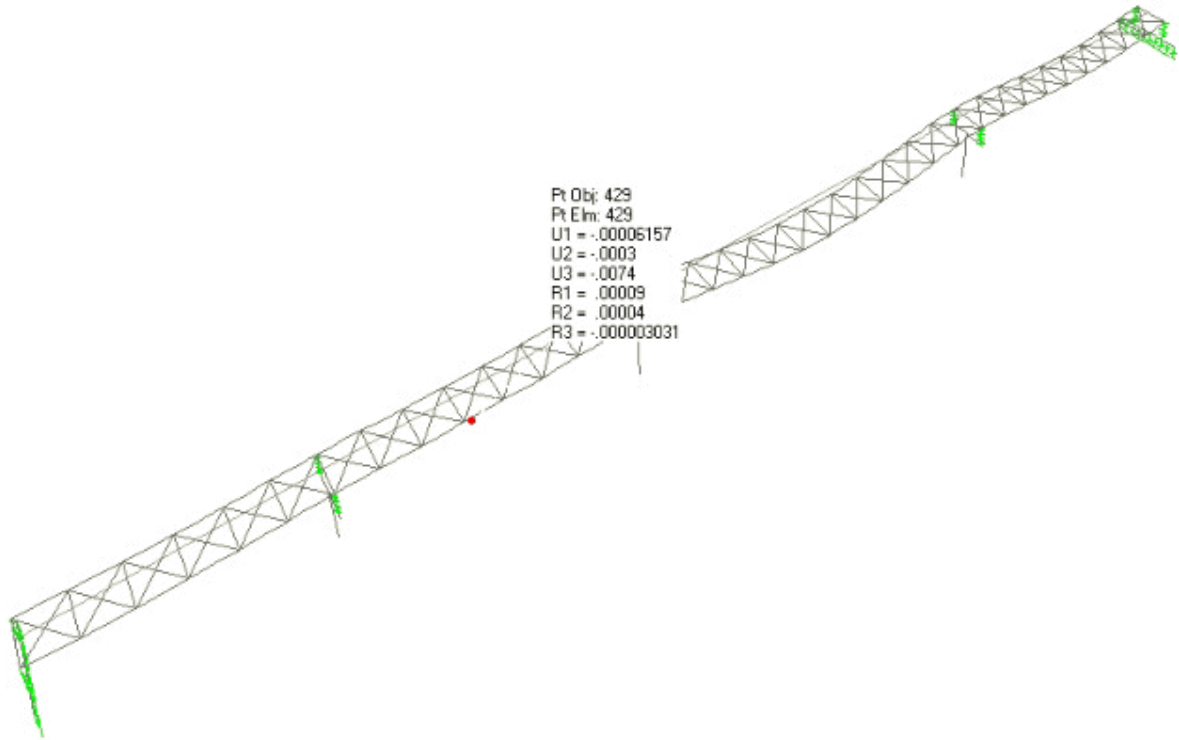
1. Carichi permanenti (peso proprio + permanenti)
2. Carichi accidentali (mobili +  $\Delta T$  + vento)

La freccia dovuta alla prima condizione è eliminata imponendo alle travi principali una contromonta uguale e contraria. La freccia dovuta alla seconda condizione dovrà invece essere inferiore a limite di  $1/500 L$ .



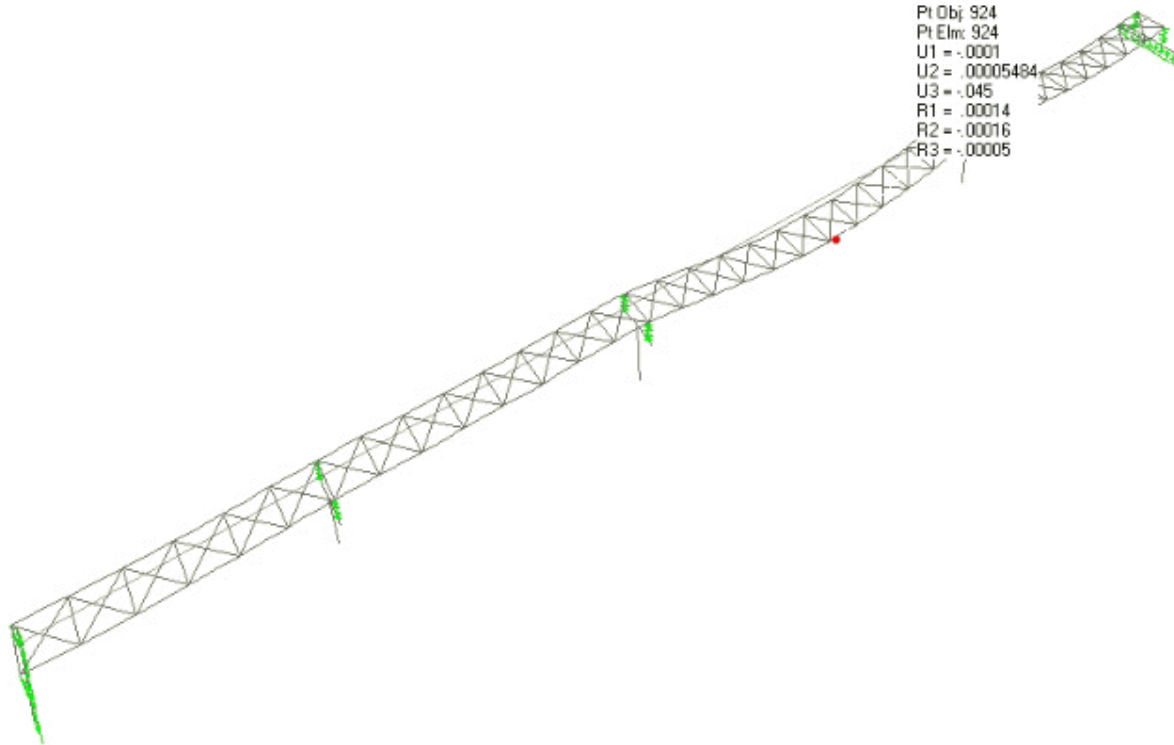
Joint Object	150		
	1	2	3
Trans	-5.168E-05	-4.383E-04	-0.00708
Rotn	7.427E-05	6.984E-05	-1.702E-05

Figura 37 Valore della contromonta iniziale campata 1



Joint Object	438		
	1	2	3
Trans	-7.656E-05	-2.681E-04	<b>-0.00741</b>
Rotn	8.877E-05	7.769E-06	-3.920E-06

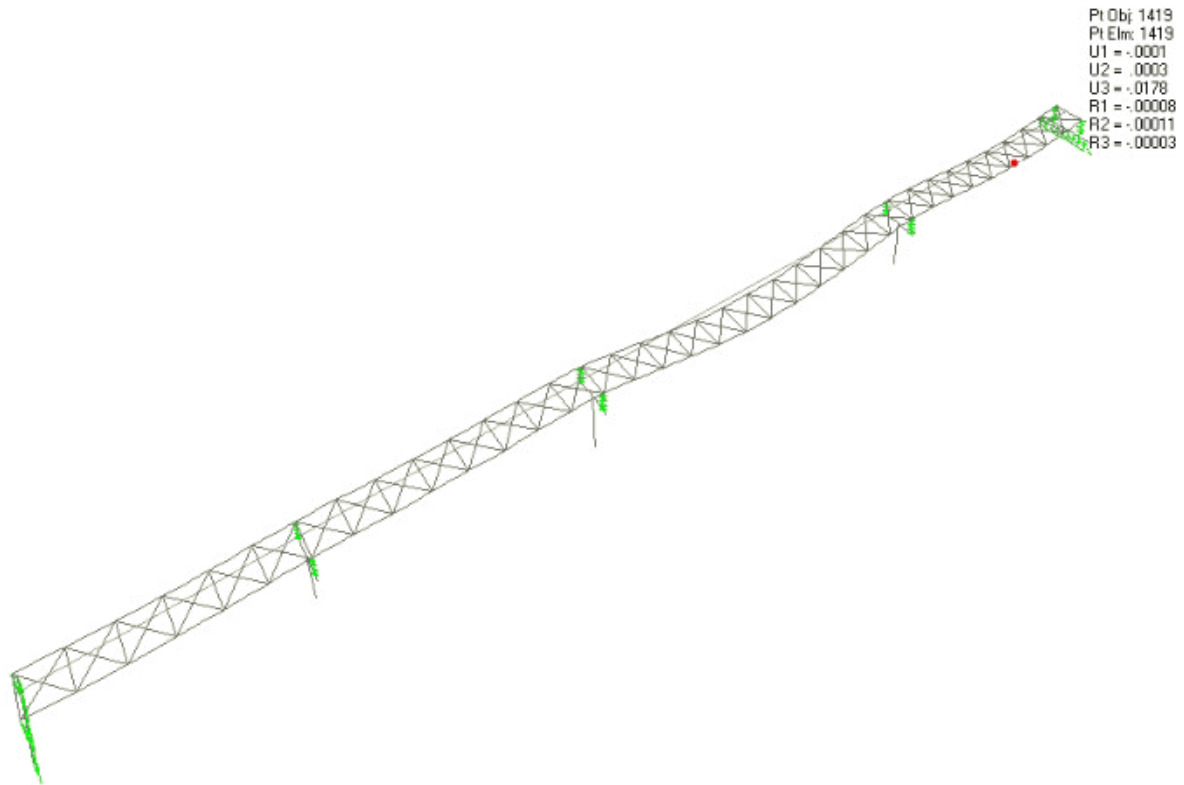
Figura 38 Valore della contromonta iniziale campata 2



Joint Object	915			Joint Element	915		
	1	2	3		2	3	
Trans	-8.668E-05	6.731E-05	-0.04509				
Rotn	1.617E-04	-3.260E-05	-4.702E-05				

Figura 39 Valore della contromonta iniziale campata 3





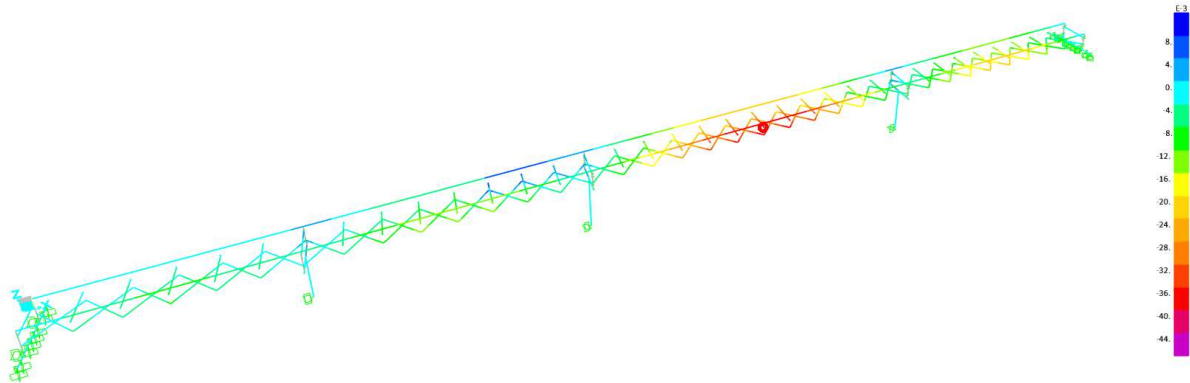
Joint Object	1428			Joint Element	1428		
	1	2	3		1	2	3
Trans	-1.545E-04	3.393E-04	-0.01772				
Rotn	-1.023E-04	-1.918E-04	-3.145E-05				

Figura 40 Valore della contromonta iniziale campata 4

Di seguito si riporta la freccia dovuta alla seconda condizione pari alla somma di tutti i carichi accidentali moltiplicati per un coefficiente unitario.

Joint Object	949			Joint Element	949		
	1	2	3		1	2	3
Trans	-0.00119	-0.00406	-0.07112				
Rotn	0.00882	-0.00187	-6.305E-05				

Figura 41 Deformata carichi mobili – soletta



Joint Object	915			Joint Element	915		
	1	2	3				
Trans	-8.702E-04	-0.00431	-0.05188				
Rotn	0.00746	-4.859E-04	-2.726E-04				

Figura 42 Deformata carichi mobili - travi

Il massimo valore di abbassamento è pari a  $d_{zmax}=0.05188$  m = 1/1449 L.

## 16 ANALISI SISMICA

Il sistema di isolamento adottato consiste di 10 dispositivi elastomerici ad alto smorzamento tipo HDRB. La struttura isolata ha un periodo pari a 2.16 sec e presenta uno spostamento massimo in fase sismica di 14cm. Lo smorzamento viscoso equivalente  $\xi$  è pari al 10%. Il progetto della struttura è stato eseguito tramite analisi dinamica lineare con riferimento allo spettro elastico, assumendo  $q=1$ .

Per tener conto dell'effetto di smorzamento viscoso equivalente degli isolatori si è utilizzato il fattore correttivo  $\eta$  determinato dalla seguente espressione:

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

in cui  $\xi$  esprime lo smorzamento viscoso, pari al 15%, pertanto il fattore  $\eta$  è uguale a 0.816.

Il modello è tridimensionale e rappresenta in modo puntuale le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidità e resistenza. Nell'analisi svolta si sono eseguiti i seguenti step:

- determinazione dei modi di vibrare del ponte (analisi modale),
- calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto per ciascuno dei modi di vibrare;
- combinazione degli effetti.

E' stato considerato un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi è stata utilizzata la combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo (SRSS). Si riportano nelle figure seguenti le deformate corrispondenti ai primi 2 modi.

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 2.16527; f = 0.46184

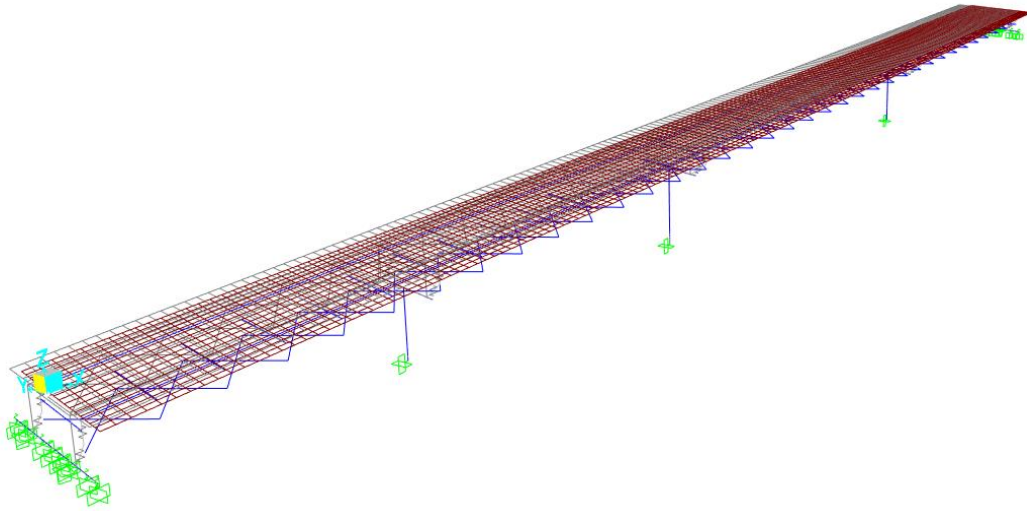


Figura 43: Modo 1: T=2.16 sec (Trasversale)

Deformed Shape (MODAL) - Mode 2; T = 2.07268; f = 0.48247

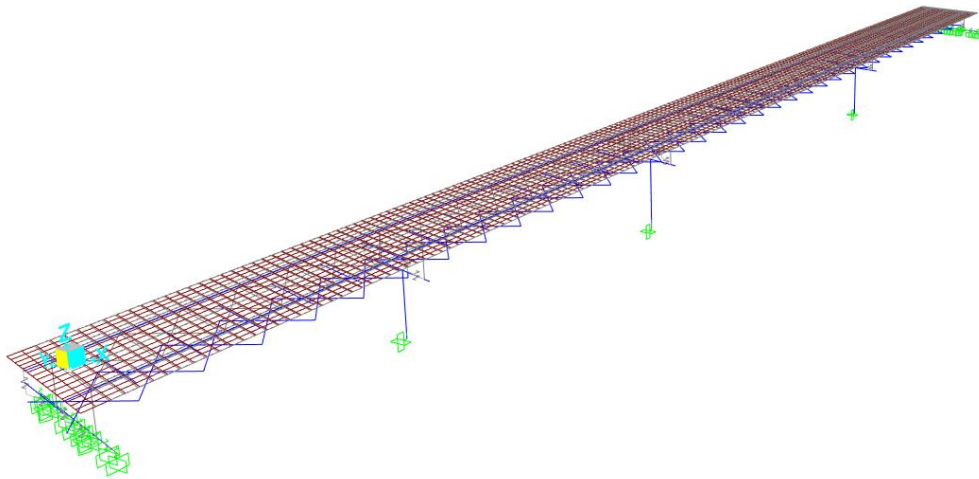


Figura 44: Modo 2: T=2.07sec (Longitudinale)

Si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

Sisma Longitudinale:  $E_x + 0.3 E_y + 0.3 E_z$   
Sisma Trasversale:  $0.3 E_x + E_y + 0.3 E_z$   
Sisma Verticale:  $0.3 E_x + 0.3 E_y + E_z$

dove la direzione x è parallela all'asse longitudinale del ponte e la direzione y all'asse trasversale.

## 16.1 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO

La presenza dei dispositivi di isolamento è stata simulata mediante elementi lineari (Link) che riproducono il comportamento dei dispositivi adottati, posizionati in corrispondenza degli appoggi delle travi.

Il sistema di isolamento sismico adottato consiste di dispositivi a geometria circolare, pertanto la rigidezza laterale è polarsimmetrica ( $k_{hx}=k_{hy}$ )

La rigidezza laterale degli isolatori può essere determinata considerando le seguenti relazioni:

$$T_{isol} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$
$$k = \left( \frac{2\pi}{T_{isol}} \right)^2 m$$

in cui

$m$  = massa dell'impalcato = 2735 ton

$T$  = 2.00 sec

$k$  = rigidezza totale degli isolatori = 26993 kN/m

Considerando che nel ponte sono presenti 10 isolatori, la rigidezza  $k_i$  di ciascun isolatore è pari 2,69kN/mm. Sono stati quindi adottati isolatori con rigidezza  $k_{hx}=k_{hy}=2,63\text{kN/mm}$  e rigidezza verticale pari a circa  $k_v=2954000.\text{kN/mm}$ . Nella modellazione non sono stati inseriti smorzatori in quanto gli effetti dello smorzamento sono stati implicitamente considerati nella valutazione dell'azione sismica scalata per effetto del valore del fattore correttivo  $\eta$ .

## 16.2 ANALISI DEI RISULTATI: SISMA SLC

Si riporta lo spettro relativo allo SLC, corrispondente ad uno smorzamento  $\xi$  pari al 10%.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC

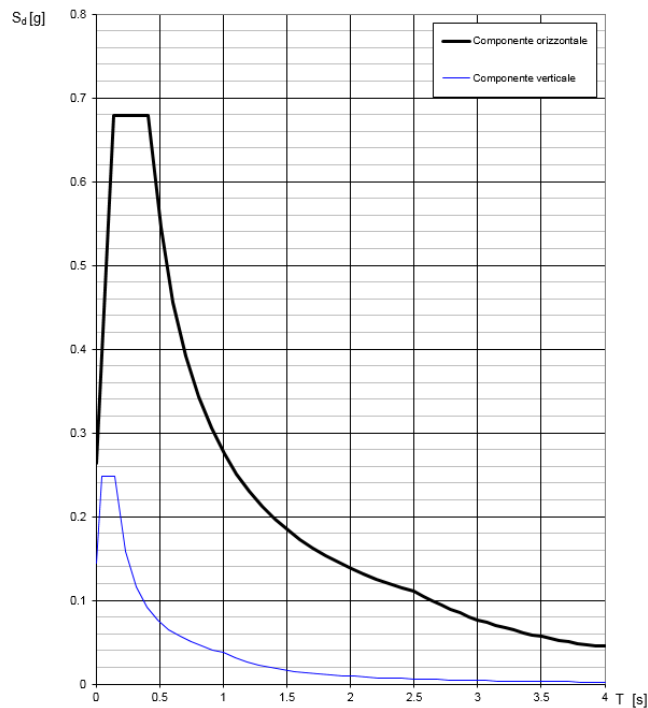


Figura 45 Spettri elastici dell'accelerazione orizzontale e verticale (SLC -  $\xi$  pari al 10%)

I dispositivi di isolamento sono stati verificati in modo da poter sostenere senza rotture gli spostamenti indotti dal sisma allo SLC. Nel caso del sisma longitudinale, il massimo spostamento longitudinale risulta pari a 0.1432m. Si riporta nella figura seguente la deformata corrispondente.

**RELAZIONE DI CALCOLO**

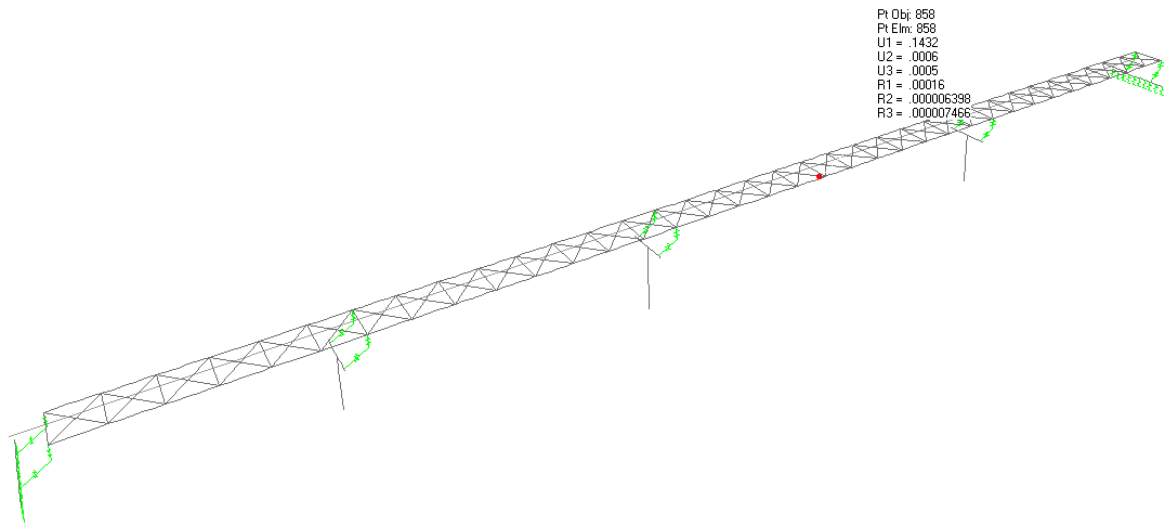


Figura 46: Deformata nella condizione di carico Sisma Longitudinale

**16.3 ANALISI DEI RISULTATI: SISMA SLV**

Si riporta lo spettro relativo allo SLV, corrispondente ad uno smorzamento  $\xi$  pari al 10%.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

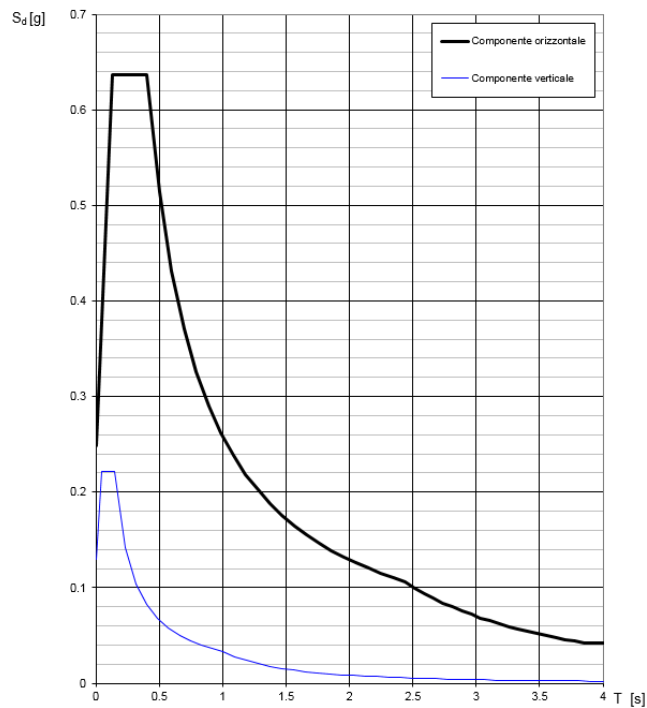


Figura 47 - Spettri elastici dell'accelerazione orizzontale e verticale (SLV -  $\xi$  pari al 10%)

Nel caso del sisma trasversale, il massimo spostamento trasversale risulta pari a 0.1334m. Si riporta nella Figura 48 la deformata corrispondente.

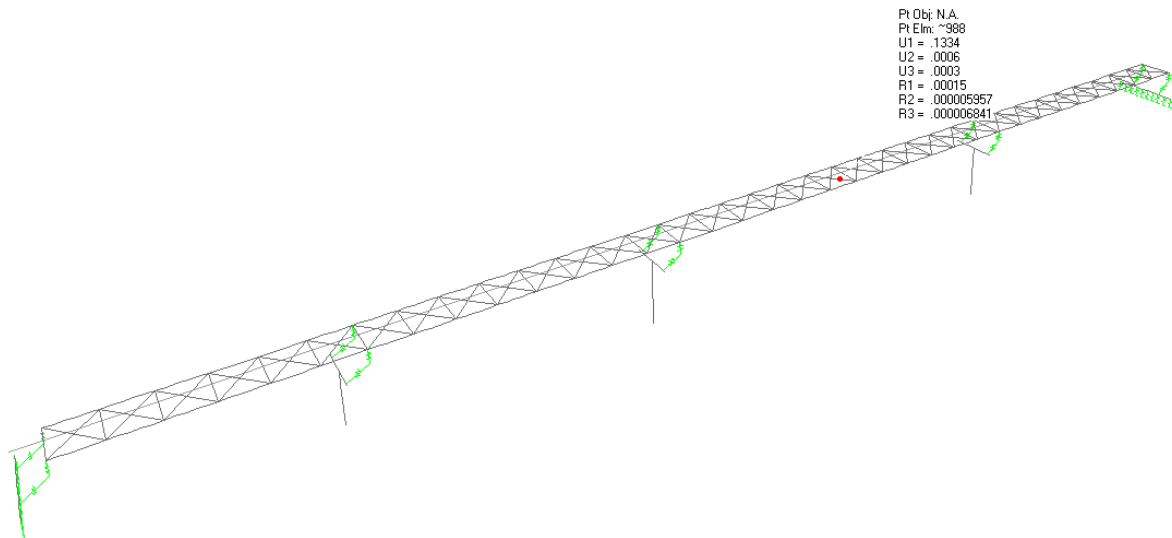


Figura 48: Deformata nella condizione di carico Sisma longitudinale

#### 16.4 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DEGLI ISOLATORI

L’impalcato subisce sotto l’azione sismica uno spostamento massimo pari a circa 0.14m. Per effetto della temperatura, considerando una variazione termica uniforme di  $\pm 37.5^\circ$ , ottenuta incrementando del 50% la variazione di temperatura prevista per le strutture in acciaio esposte, e considerando che gli spostamenti sono consentiti da entrambe le estremità del ponte, si ottiene uno spostamento pari a :

$$\eta = \alpha \Delta t L = 31 \text{ mm}$$

Poiché nella combinazione sismica gli effetti della temperatura sono valutati con un coefficiente pari a 0,5, lo spostamento totale risulta pari a circa  $\pm 15\text{cm}$ .

Sono stati previsti isolatori che consentono spostamenti massimi pari a  $\pm 15\text{cm}$ .

#### 16.5 VERIFICA DEI GIUNTI

Sono stati previsti giunti in corrispondenza delle spalle che consentono spostamenti da  $\pm 15\text{cm}$ .