

**S.S. 131 di "Carlo Felice"**  
Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131  
Risoluzione dei nodi critici - 2° stralcio  
dal km 108+300 al km 158+000

**PROGETTO ESECUTIVO**

CA284

R.T.I. di PROGETTAZIONE:

Mandataria



**PRO  
ITER**  
Progetto  
Infrastrutture  
Territorio s.r.l.

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

Mandante



Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Formichi - Pro Iter srl (Integratore prestazioni specialistiche)  
Ordine Ing. di Milano n. 18045

Ing. Riccardo Formichi  
Ordine Ing. di Milano n. 18045

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Massimo Mezzanatica - Pro Iter srl  
Albo Geol. Lombardia n. A762

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Diego Ceccherelli  
Ordine Ing. di Milano n. 15813

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA



PROTOCOLLO

DATA

**OPERE D'ARTE MAGGIORI**

**Svincolo di Mulargia-Macomer. Cavalcavia al km 148+500 - CV02 SU V02**

Relazione di calcolo impalcato

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

L O P L S Q E 1 9 0 1

NOME FILE

T00CV02STRRE01B.pdf

CODICE  
ELAB.

T 0 0 C V 0 2 S T R R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

B

D

C

B

A

REV.

REVISIONE PER ISTRUTTORIA, VERIFICA E CONTROLLI D.LGS.35/11

Aprile 2021

Netso

Donelli

Formichi

EMISSIONE

Marzo 2020

Parisi

Rivoltini

Formichi

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## INDICE

<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>5</b>
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA.....</b>	<b>9</b>
3.1	CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO E MOTIVAZIONE DELLA SCELTA .....	9
3.2	AFFIDABILITÀ E VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO .....	9
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>11</b>
4.1	MATERIALI IMPALCATO IN ACCIAIO – CALCESTRUZZO.....	11
4.1.1	Calcestruzzo .....	11
4.1.2	Acciaio in barre d'armatura.....	12
4.1.3	Acciaio da carpenteria metallica .....	13
4.2	MATERIALI SOTTOSTRUTTURE.....	13
4.2.1	Calcestruzzo .....	13
4.2.2	Acciaio.....	14
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>16</b>
5.1	PESI PROPRI.....	16
5.2	CARICHI PERMANENTI .....	16
5.3	RITIRO E VISCOSITÀ CALCESTRUZZO .....	16
5.4	VARIAZIONI TERMICHE .....	17
5.5	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	17
5.6	FRENATURA .....	18
5.7	AZIONE CENTRIFUGA .....	18
5.8	AZIONE DEL VENTO .....	19
5.9	URTO SULLA BARRIERA SICURVIA .....	20
5.10	AZIONE SISMICA.....	20
5.10.1	Parametri azione sismica .....	20
5.10.2	Risultati analisi modale.....	23
5.11	COMBINAZIONI DI CARICO .....	27
<b>6</b>	<b>MODELLO NUMERICO .....</b>	<b>30</b>
6.1	DESCRIZIONE.....	30
6.2	SOLLECITAZIONI ELEMENTARI.....	32
<b>7</b>	<b>VERIFICA TRAVI PRINCIPALI .....</b>	<b>39</b>
7.1	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI E DEI CONCI .....	39
7.2	CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI LORDE .....	42
7.3	CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI EFFICACI.....	46
7.4	STATI LIMITE ULTIMI .....	46
7.4.1	Sollecitazioni, tensioni, scorrimenti.....	46
7.4.2	Verifica acciaio estradosso/intradosso piattabande.....	59
7.4.3	Verifica acciaio estradosso/intradosso anima .....	63
7.4.4	Verifiche a taglio.....	67
7.4.5	Verifiche armatura longitudinale in soletta.....	72
7.4.6	Verifiche calcestruzzo soletta.....	76
7.4.7	Verifica irrigiditori trasversali e longitudinali.....	80
7.4.8	Verifica dei connettori.....	82
7.5	STATI LIMITE DI FATICA .....	85
7.5.1	Sollecitazioni, tensioni.....	85

7.5.2	Verifiche agli stati limite di fatica .....	90
7.6	STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	95
7.6.1	Sollecitazioni, tensioni, scorrimenti e apertura fessure .....	95
7.6.2	Verifiche calcestruzzo soletta.....	104
7.6.3	Verifiche armatura longitudinale soletta.....	111
7.6.4	Verifica dell'apertura delle fessure .....	115
7.6.5	Verifiche a deformazione .....	123
7.7	CONTROMONTE DI COSTRUZIONE .....	126
7.8	RIEPILOGO DELLE VERIFICHE .....	129
<b>8</b>	<b>VERIFICA TRAVERSI .....</b>	<b>131</b>
8.1	RIASSUNTO DELLE TENSIONI MASSIME E VERIFICHE STRUTTURALI .....	132
<b>9</b>	<b>VERIFICA GIUNTI BULLONATI TRAVI-TRAVERSI .....</b>	<b>136</b>
9.1	VERIFICHE DEI GIUNTI TRAVI-TRAVERSI .....	138
9.1.1	Sollecitazioni .....	141
9.1.2	Giunto ala superiore.....	142
9.1.3	Giunto ala inferiore .....	143
9.1.4	Giunto anima .....	144
9.1.5	Verifiche .....	147
<b>10</b>	<b>VERIFICA CONTROVENTI .....</b>	<b>149</b>
9.1.	CRITERI DI VERIFICA .....	149
9.2.	MODELLO DI CALCOLO E CARICHI APPLICATI.....	151
9.3.	SOLLECITAZIONI DI VERIFICA .....	152
9.4.	VERIFICA DEI CONTROVENTI .....	153
9.5.	VERIFICA DELLA CONNESSIONE BULLONATA .....	155
<b>11</b>	<b>VERIFICA SOLETTA (EFFETTI LOCALI).....</b>	<b>157</b>
11.1	VERIFICA PREDALLE (FASE I).....	158
11.2	VERIFICA SOLETTA (FASE II) .....	160
11.2.1	Analisi dei carichi .....	160
11.2.2	Combinazioni di carico .....	165
11.2.3	Sollecitazioni di verifica.....	166
11.2.4	Verifiche strutturali della soletta .....	167
11.2.5	Verifiche strutturali del cordolo bordo ponte.....	171
<b>12</b>	<b>CALCOLO ESCURSIONE DEI GIUNTI .....</b>	<b>174</b>
<b>13</b>	<b>VERIFICA A SOLLEVAMENTO DELL'IMPALCATO .....</b>	<b>175</b>
13.1	SOLLECITAZIONI AGENTI .....	176
13.2	VERIFICHE DEL TRAVERSO DI APPOGGIO .....	177
<b>14</b>	<b>VERIFICA DEL RITEGNO SISMICO .....</b>	<b>179</b>
13.1.	AZIONE DI TAGLIO DI VERIFICA .....	180
13.2.	CRITERI DI VERIFICA .....	181
13.3.	VERIFICHE STRUTTURALI RITEGNO SISMICO .....	182
<b>15</b>	<b>APPARECCHI D'APPOGGIO .....</b>	<b>184</b>
<b>16</b>	<b>VALUTAZIONE CRITICA DEI RISULTATI .....</b>	<b>191</b>

## 1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nella presente relazione si riportano i calcoli eseguiti sulle sottostrutture e sull'impalcato del cavalcavia dello svincolo Muralgia-Macomer al km 148+500 da realizzarsi nell'ambito dei lavori di adeguamento e messa in sicurezza della s.s. 131 dal km 108+000 al km 158+000, risoluzione dei nodi critici 2° stralcio.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il tracciato si sviluppa planimetricamente in corrispondenza di un rettilo mentre altimetricamente la livelletta si compone da un raccordo verticale di raggio 2000 m.

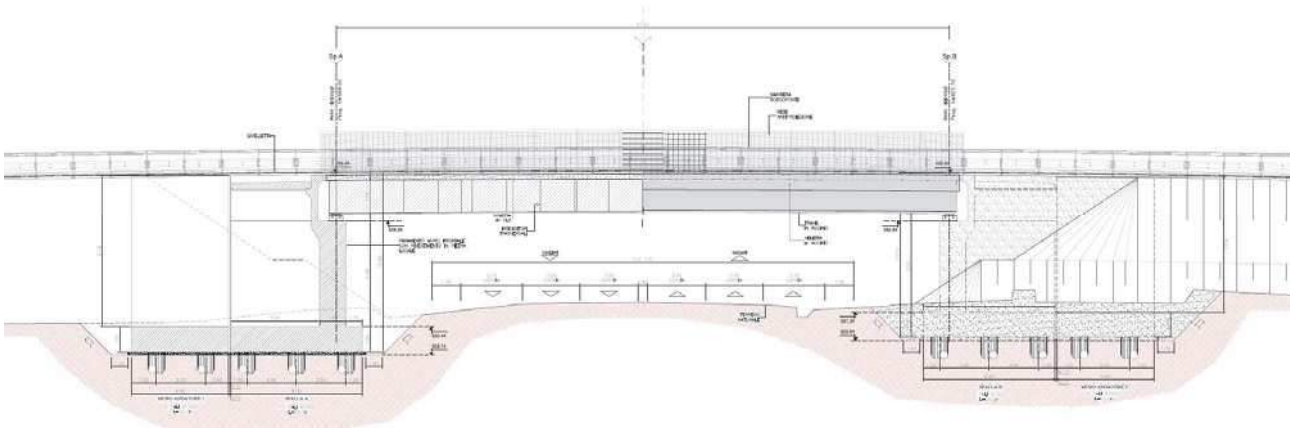


Figura 1: Profilo longitudinale del cavalcavia

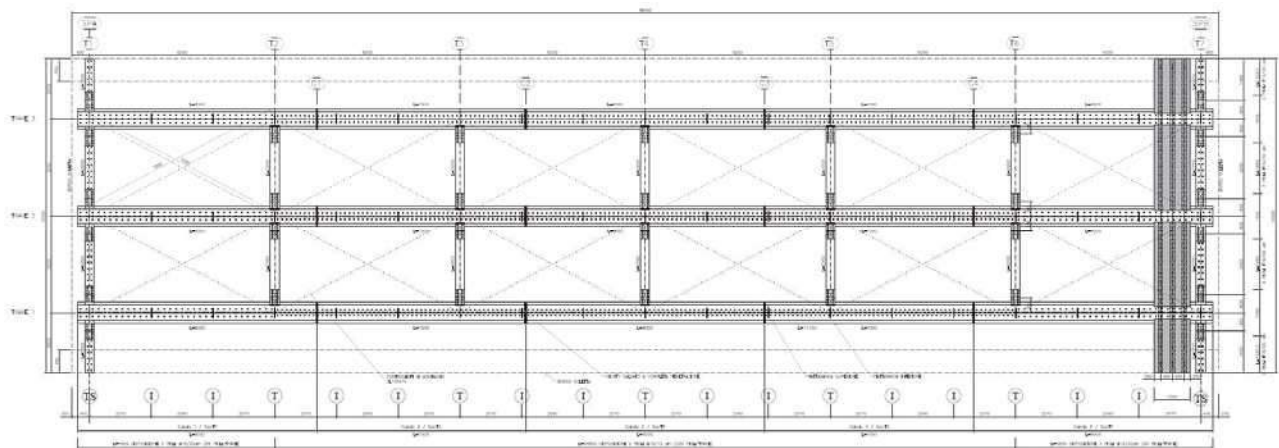


Figura 2: Pianta impalcato

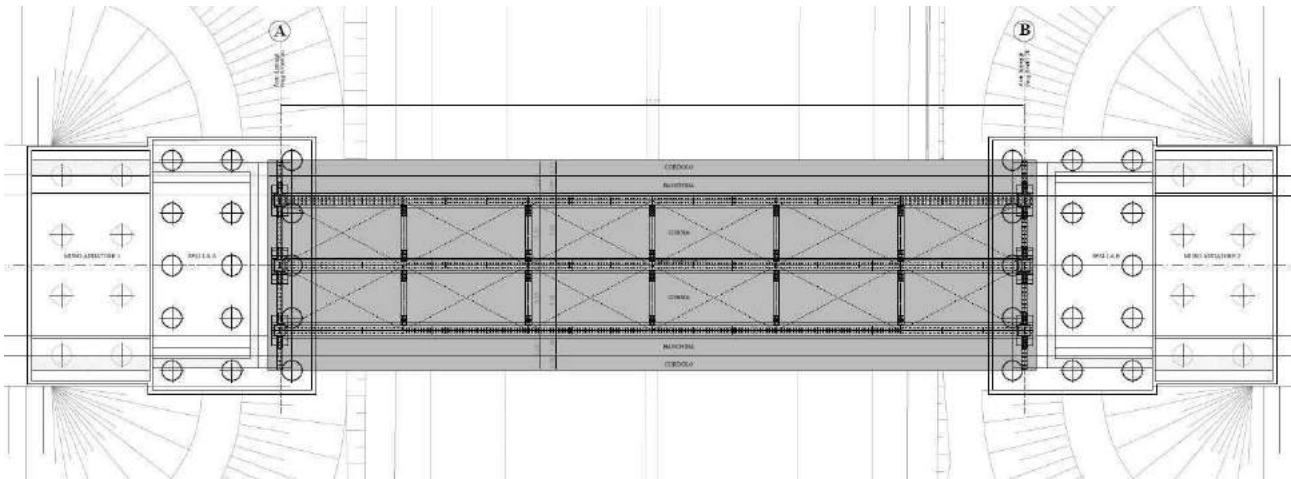


Figura 3: Pianta delle fondazioni

L'impalcato è realizzato in sistema misto acciaio-calcestruzzo con schema statico di trave appoggiata ad una campata di luce pari a 37.2 metri.

La struttura metallica è composta da tre travi saldate adoppio T di altezza pari a 2.0 m ad interasse di 3.25 m. La ripartizione trasversale dei carichi sulle travi principali è resa possibile tramite traversi metallici a parete piena disposti ad interasse di 6.20 m e realizzati con profili saldati a doppio T imbullonati alle nervature verticali delle travi stesse.

La soletta misura una larghezza pari a 10.5 m di cui 9.00 m costituiscono la sede stradale mentre due cordoli esterni di larghezza 75 cm, che ospitano le barriere bordo ponte e una rete antiproiezione di 2.0 m di altezza, ne completano l'arredo; la soletta è resa collaborante con la sottostante struttura metallica mediante connettori tipo Nelson elettrosaldati sulle piattabande superiori delle travi.

Lo spessore della soletta è pari a 30 cm ed è realizzata con predalles prefabbricate autoportanti di spessore 7.0 cm su cui viene successivamente eseguito il getto di completamento della soletta.

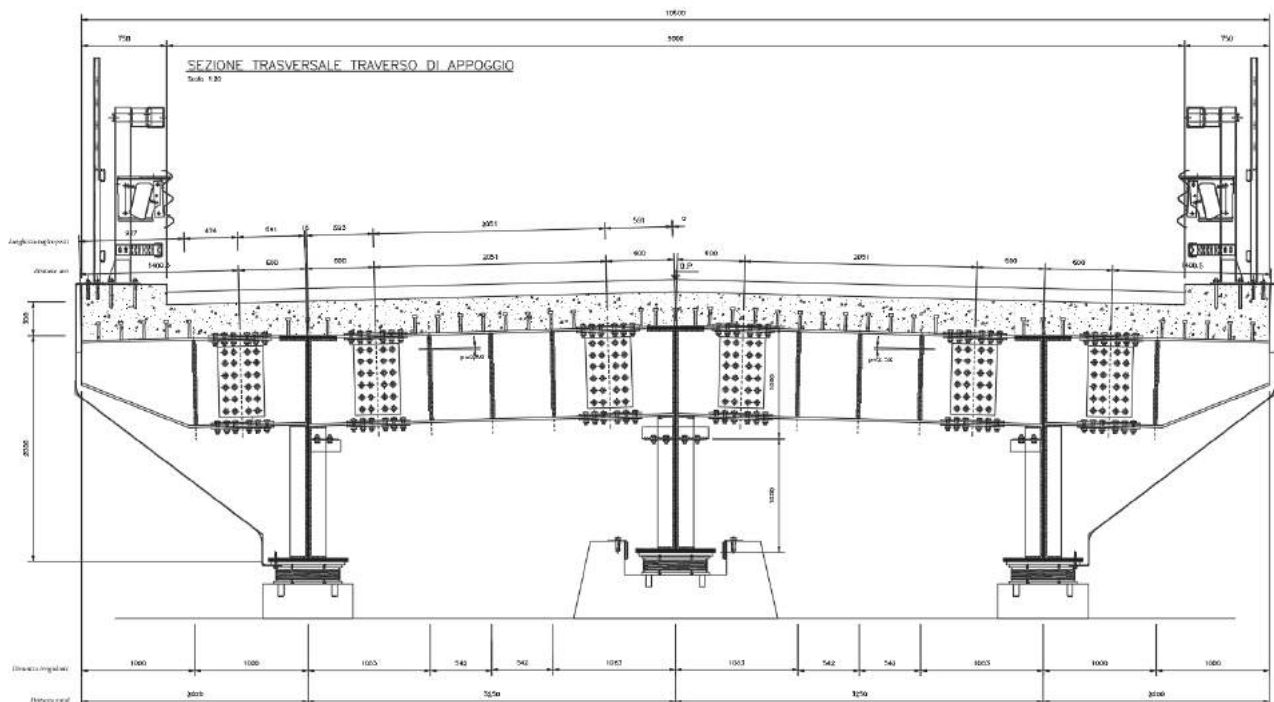


Figura 4: Sezione trasversale dell'impalcato

L'impalcato è vincolato alle sottostrutture mediante apparecchi di appoggio in elastomero armato.

Entrambe le spalle sono costituite da un muro paraghiaia di spessore pari a 0.40 m e altezza massima pari a circa 3.0 m, da un paramento frontale di spessore pari a 1.60 m e altezza massima pari a 6.40 m e da una zattera di fondazione su pali, di dimensioni in pianta 8.00 m x 12.50 m e altezza pari a 1.50 m.

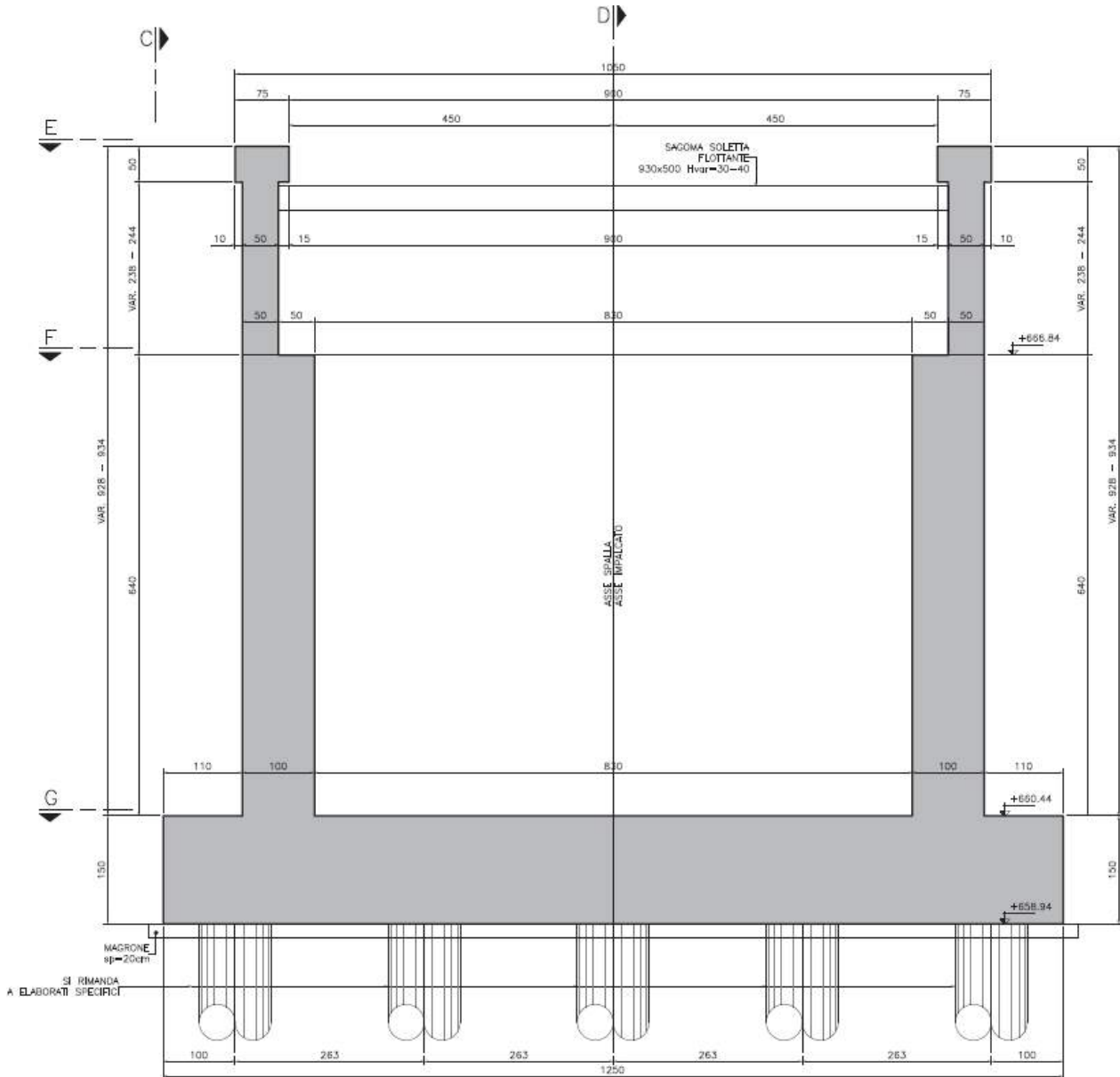


Figura 5: Sezione trasversale Spalla



## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nella progettazione sono state prese in considerazione le normative di seguito riportate:

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Circolare Ministero dei Lavori pubblici 14 febbraio 1974, n.11951 – Applicazione delle norme sul cemento armato.
- Decreto del ministero dei Lavori Pubblici 9 gennaio 1996 - Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 15 Ottobre 1996, n. 252 AA.GG/STC -Istruzioni per l'applicazione delle «Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al decreto ministeriale del 9 Gennaio 1996».
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 4 luglio 1996, n. 156 AA.GG/STC – Istruzioni per l'applicazione delle «Norme Tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.
- Legge 5 febbraio 1974, n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 24 settembre 1988 – Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 4 maggio 1990 – Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 25 febbraio 1991, n. 34233 – Istruzioni relative alla normativa dei ponti stradali.
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni – NTC 2008".
- Circolare 02 Febbraio 2009., n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".
- Eurocodici UNI EN 1990:2006; UNI EN 1991; UNI EN 1992; UNI EN 1993; UNI EN 1994; UNI EN 1997; UNI EN 1998.
- Calcestruzzo - specificazione, prestazione, produzione e conformità (UNI EN 206-1:2006).
- Linee guida per l'utilizzo di travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante e procedure per il rilascio dell'autorizzazione all'impiego" riferito al punto 4.6 delle Norme tecniche per le costruzioni, approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori pubblici, con voto n.116/2009.

### 3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

Il software di calcolo utilizzato per l'analisi strutturale è SAP200 prodotto da Computers and Structures Inc., Berkley California, licenza nr \*1MB68WA7FTWJVPU.

#### 3.1 Caratteristiche del codice di calcolo e motivazione della scelta

SAP2000 è un programma di calcolo agli elementi finiti pensato per l'ingegneria civile che permette l'analisi di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà. Ha caratteristiche molto versatili, tanto da rientrare nella categoria dei programmi cosiddetti "generali", capaci cioè di analizzare strutture con caratteristiche molto diverse tra loro.

Permette infatti:

- di effettuare analisi statiche o dinamiche lineari e non lineari, analisi modali e con spettro di risposta.
- di modellare le strutture con elementi tipo "beam", "shell" o "solid";
- di assegnare ai materiali legami costitutivi lineari o generici;
- di definire carichi in termini di forze e spostamenti;
- di assegnare carichi ai nodi o distribuiti sugli elementi;
- di definire carichi mobili;
- di utilizzare elementi "link" o di assegnare molle, lineari e non, a nodi o elementi;
- di definire svariate opzioni di vincolo interno ed esterno;
- di rappresentare graficamente le deformate, le sollecitazioni e gli stati tensionali della struttura;
- di estrarre in forma tabellare i risultati dell'analisi.

È possibile avere accesso a tutti i dati di SAP2000, incluse le informazioni sul modello, i risultati dell'analisi e i risultati delle verifiche, attraverso un archivio a struttura tabulare. I dati tabulari possono essere rappresentati e editati direttamente per mezzo dell'interfaccia grafica oppure esportati a un archivio Microsoft Access o a un foglio di lavoro Microsoft Excel o anche ad un semplice file di testo. È possibile utilizzare i dati così esportati per creare relazioni o per eseguire calcoli autonomi. Questi medesimi dati tabulari possono a loro volta essere creati autonomamente e quindi importati all'interno di SAP2000, consentendo così all'utente di generare o modificare i propri modelli all'esterno del programma stesso. Le relazioni analitiche fra caratteristiche di deformazione, spostamenti, sollecitazioni e tensioni nei materiali sono regolate dalla teoria classica della Scienza delle Costruzioni. Una volta acquisiti i dati, il software effettua una serie di controlli formali sulla correttezza dell'input (controllo di eventuali labilità del modello), calcola le rigidità dei singoli elementi, assembla la matrice di rigidità globale della struttura, costruisce il vettore dei carichi, risolve il sistema di equazioni lineari rappresentativo del problema e calcola le sollecitazioni negli elementi strutturali. I carichi vengono applicati alla struttura mediante una serie di condizioni elementari che poi l'utente può combinare a piacere in quelli che vengono chiamati Load Case, che il software utilizza nell'analisi della struttura. Le sollecitazioni utilizzate dal programma nella verifica/progetto delle sezioni (Load Combinations) sono a loro volta delle combinazioni lineari dei Load Case. Tali combinazioni possono essere definite dall'utente, ovvero in modo automatico dal software in funzione della normativa selezionata.

Per le caratteristiche del software, alcune delle quali appena descritte, si ritiene che SAP2000 fornisca gli strumenti per una corretta analisi del comportamento della struttura in esame.

#### 3.2 Affidabilità e validazione del codice di calcolo

Per l'affidabilità si rimanda al manuale "Analysis Verification Examples for SAP2000 e CSI Bridge", fornito assieme al software e consultabile online all'indirizzo [www.csiamerica.com](http://www.csiamerica.com); viene fornita un'ampia documentazione di supporto, che riporta, per una serie di strutture significative, i confronti tra le analisi effettuate con il codice e quelle effettuate con analisi di calcolo manuali.

In aggiunta, per validare in maniera semplificata il codice di calcolo, viene eseguito un confronto tra i risultati delle sollecitazioni ottenute tramite calcolo manuale di una trave semplicemente appoggiata e i risultati dell'analisi della stessa struttura, con stesse caratteristiche geometriche e carichi, ottenute con il programma di calcolo.

Relazione di Calcolo Impalcato

9

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

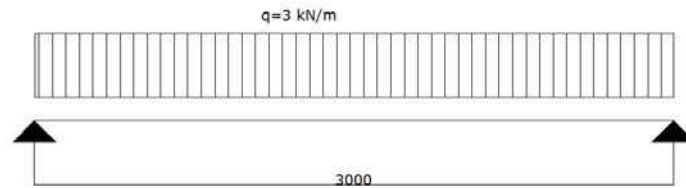


Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



### SOLUZIONE MANUALE



- $L = 3 \text{ m}$
- $q = 3 \text{ kN/m}$
- $M = q \cdot L^2 / 8 = 3.38 \text{ kNm}$
- $V = q \cdot L / 2 = 4.5 \text{ kN}$

### SOLUZIONE PROGRAMMA AD ELEMENTI FINITI

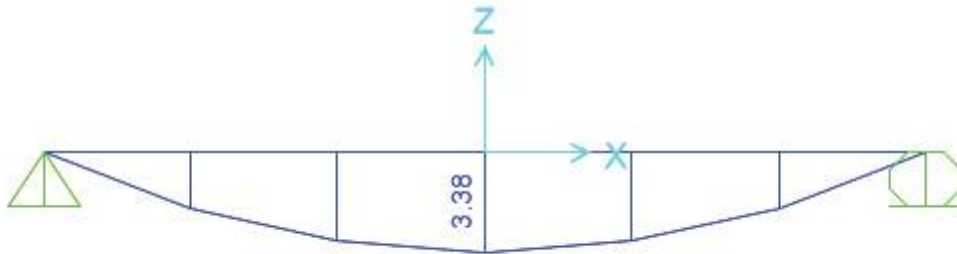


Diagramma del Momento Flettente [kNm]

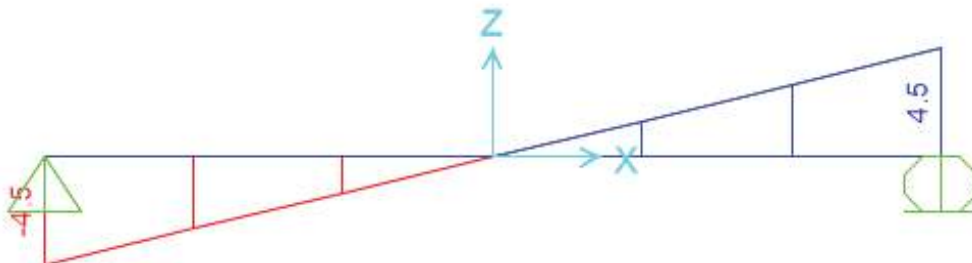


Diagramma del Taglio [kN]

I risultati sono coincidenti, il programma può di conseguenza considerarsi valido.

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 MATERIALI IMPALCATO IN ACCIAIO – CALCESTRUZZO

#### 4.1.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo impiegato per il getto della soletta e caratterizzato dalla classe di resistenza C32/40, dalla classe di esposizione ambientale XC4 + XD1 e dalla classe di consistenza S4. Per le lastre prefabbricate predalles si utilizza la classe C40/50.

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

Nella seguente tabella sono riassunte le proprietà di confezionamento del calcestruzzo per gli elementi dell'impalcato:

CALCESTRUZZO IMPALCATO	UNI 11104:2016							
	ELEMENTO DI CALCESTRUZZO	CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	CLASSE DI RESISTENZA	RAPPORTO MASSIMO A/C	CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO [kg/m <sup>3</sup> ]	CONTENUTO MINIMO DI ARIA	DIAMETRO MASSIMO AGGREGATI [mm]	CLASSE DI CONSISTENZA DEL GETTO
Soletta	XC4-XD1	C32/40	0.50	340	4.0%	25	S4	40 + 10
Predalles	XC4-XD1	C40/50	0.50	340	-	25	S4	30 + 0

Di seguito si riportano le principali caratteristiche di resistenza dei materiali.

CLS per soletta C32/40

- Caratteristica di resistenza minima C32/40
- Classe di esposizione XC4 + XD1
- Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$  33.20 MPa
- Resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} =$  40.00 MPa
- Valore medio resistenza caratteristica cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8$  41.20 MPa
- Valore medio resistenza a trazione assiale  $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$  3.100 MPa
- Modulo di elasticità secante  $E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$  33642 MPa
- Classe di consistenza S4
- Copriferro 40 mm

#### Stato Limite Ultimo

- Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c =$  1.50
- Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  $\alpha_{cc} =$  0.85
- Resistenza a compressione di calcolo  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$  18.81 MPa
- Resistenza a trazione di calcolo  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$  1.45 MPa

#### Stato Limite di Esercizio

- Tensione max di compressione – Comb.rara  $\sigma_c = 0.60 f_{ck}$  19.92 MPa
- Tensione max di compressione – Comb.quasi permanente  $\sigma_c = 0.45 f_{ck}$  14.94 MPa

CLS per lastre prefabbricate C 40/50

- Caratteristica di resistenza minima C40/50
- Classe di esposizione XC4 + XD1
- Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$  41.50 MPa
- Resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} =$  50.00 MPa
- Valore medio resistenza caratteristica cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8$  49.50 MPa
- Valore medio resistenza a trazione assiale  $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$  4.044 MPa
- Modulo di elasticità secante  $E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$  35547 MPa
- Classe di consistenza S4
- Copriferro 30 mm

**Stato Limite Ultimo**

- Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c =$  1.50
- Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  $\alpha_{cc} =$  0.85
- Resistenza a compressione di calcolo  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$  23.51 MPa
- Resistenza a trazione di calcolo  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$  1.89 MPa

**Stato Limite di Esercizio**

- Tensione max di compressione – Comb.rara  $\sigma_c = 0.60 f_{ck}$  24.90 MPa
- Tensione max di compressione – Comb.quasi permanente  $\sigma_c = 0.45 f_{ck}$  18.68 MPa

4.1.2 Acciaio in barre d'armatura

- Barre nervate per calcestruzzo armato **B450C**
- Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)  $f_{tk} =$  540 MPa
- Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)  $f_{yk} =$  450 MPa

**Stato Limite Ultimo**

- Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s =$  1.15
- Resistenza a trazione di calcolo  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  391.30 MPa

**Stato Limite di Esercizio**

- Tensione max di trazione  $\sigma_s = 0.80 f_{yk}$  360 MPa

### 3.1.3. Acciaio da carpenteria metallica

Classe di resistenza	S355	
Per spessori $t \leq 40$ mm	$f_{yk} = 355$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{tk} = 510$ N/mm <sup>2</sup>
Per spessori $t > 40$ mm	$f_{yk} = 335$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{tk} = 470$ N/mm <sup>2</sup>

Le verifiche sono state eseguite adottando come metodo di calcolo quello semiprobabilistico agli Stati Limite, adottando come normativa di riferimento il testo unico sulle norme tecniche per le costruzioni.

Le caratteristiche di resistenza dei materiali suddetti espresse in N/mm<sup>2</sup> e utilizzate nelle verifiche sono riportate nelle pagine seguenti.

## 4.2 MATERIALI SOTTOSTRUTTURE

### 4.2.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo utilizzato per le fondazioni delle spalle è di classe di resistenza C28/35, classe di esposizione ambientale XC2 e classe di consistenza del getto S4.

Per le parti in elevazione delle spalle, inclusi i baggioli, si utilizza un calcestruzzo C32/40, con classe di consistenza S4 e classe di esposizione ambientale XC4 + XD1.

Nella tabella seguente vengono riportate in sintesi le proprietà del calcestruzzo utilizzato per le sottostrutture:

ELEMENTO DI CALCESTRUZZO	UNI 11104:2016					DIAMETRO MASSIMO AGGREGATI [mm]	CLASSE DI CONSISTENZA DEL GETTO	COPRIFERRO MINIMO + TOLLERANZA DI POSA [mm]
	CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	CLASSE DI RESISTENZA	RAPPORTO MASSIMO A/C	CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO [kg/m <sup>3</sup> ]	CONTENUTO MINIMO DI ARIA			
Calcestruzzo magro	X0	C12/15	-	-	-	-	-	-
Fondazioni spalle	XC2	C28/35	0.55	320	-	32	S4	30 + 10
Elevazioni spalle e baggioli	XC4-XD1	C32/40	0.50	340	4.0%	25*	S4	30 + 10

### Calcestruzzo per getto in opera fondazioni spalle:

- Caratteristica di resistenza minima C28/35
- Classe di esposizione XC2
- Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$  29.05 MPa
- Resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} =$  35.00 MPa
- Valore medio resistenza caratteristica cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8$  37.05 MPa
- Valore medio resistenza a trazione assiale  $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$  2.835 MPa
- Modulo di elasticità secante  $E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$  32588 MPa
- Classe di consistenza S4
- Copriferro 35 mm

### Stato Limite Ultimo

- Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c =$  1.50

• Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85
• Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	16.46 MPa
• Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.32 MPa

**Stato Limite di Esercizio**

• Tensione max di compressione – Comb.rara	$\sigma_c = 0.60 f_{ck}$	17.43 MPa
• Tensione max di compressione – Comb.quasi permanente	$\sigma_c = 0.45 f_{ck}$	13.07 MPa

Calcestruzzo per getto in opera elevazioni spalle e baggioli:

• Caratteristica di resistenza minima		C32/40
• Classe di esposizione		XC4 + XD1
• Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20 MPa
• Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} =$	40.00 MPa
• Valore medio resistenza caratteristica cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.20 MPa
• Valore medio resistenza a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$	3.100 MPa
• Modulo di elasticità secante	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$	33642 MPa
• Classe di consistenza		S4
• Copriferro		45 mm

**Stato Limite Ultimo**

• Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c =$	1.50
• Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85
• Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	18.81 MPa
• Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.45 MPa

**Stato Limite di Esercizio**

• Tensione max di compressione – Comb.rara	$\sigma_c = 0.60 f_{ck}$	19.92 MPa
• Tensione max di compressione – Comb.quasi permanente	$\sigma_c = 0.45 f_{ck}$	14.94 MPa

4.2.2 Acciaio

Acciaio per armature ordinarie:

• Barre nervate per cemento armato <b>B450C</b>		
• Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)	$f_{tk} =$	540 MPa
• Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)	$f_{yk} =$	450 MPa

**Stato Limite Ultimo**

• Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15
• Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	391.30 MPa

**Stato Limite di Esercizio**

• Tensione max di trazione	$\sigma_s = 0.80 f_{yk}$	360 MPa
----------------------------	--------------------------	---------

Calcestruzzo magro per sottofondazioni:

- |                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| • Caratteristica di resistenza minima | C12/15 |
| • Classe di esposizione               | X0     |
| • Classe di consistenza               | -      |

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



## 5 ANALISI DEI CARICHI

### 5.1 PESI PROPRI

Il peso proprio degli elementi strutturali (travi longitudinali, trasversi e soletta) è computato considerando un peso specifico pari a  $\gamma_s=78.5 \text{ kN/m}^3$  per l'acciaio e  $\gamma_{ca}=25.0 \text{ kN/m}^3$  per il calcestruzzo armato. Complessivamente si può assumere per l'impalcato metallico un'incidenza di circa  $2.20 \text{ kN/mq}$ .

### 5.2 CARICHI PERMANENTI

Larghezza piattaforma	10.50 m
Larghezza cordolo SX	0.75 m
Larghezza cordolo DX	0.75 m
Larghezza pavimentato	9.00 m
Spessore soletta	0.30 m
Altezza cordolo oltre estradosso soletta	0.18 m
Pavimentazione	3.0 KN/mq
Arredi di margine	4.0 KN/ml

TIPOLOGIA CARICO	IMPALCATO B = 10.50m		TRAVE
	kN/mq	kN/ml	kN/ml
G1 - Peso proprio travi e trasversi	2.20	23.10	7.70
G1 - Peso soletta	7.50	78.75	26.25
G2 – Permanenti portati - Pavimentazione	3.00	31.50	10.5
G2 – Permanenti portati - Cordoli	0.64	6.75	2.25
G2 – Permanenti portati - Velette, barriere e reti	0.762	8.00	2.67
<b>SOMMA PESI PROPRI E PERMANENTI PORTATI</b>	<b>14.10</b>	<b>148.10</b>	<b>49.37</b>

### 5.3 RITIRO E VISCOSITA' CALCESTRUZZO

In relazione alla geometria della soletta ed alle condizioni ambientali, si assume una deformazione per ritiro a tempo infinito pari a:

$$\varepsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0) = 0.277 \times 10^{-3}$$

tale deformazione induce nella sezione trasversale delle tensioni calcolate sovrapponendo i due effetti:

- azione assiale di trazione applicata alla sola soletta di calcestruzzo.
- azione di presso-flessione applicata alla sezione composta.

**RITIRO E VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO**  
VIADOTTO CAVALCAVIA MACOMER

Quando non si ricorra ad additivi speciali, il ritiro del calcestruzzo può essere valutato sulla base delle indicazioni di seguito fornite (par. 11.2.10.6 NTC2008).

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

dove:

$\epsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\epsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

$\epsilon_{ca}$  è la deformazione per ritiro autogeno

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento:

$$\epsilon_{cd\infty} = k_{cs} \epsilon_{cd} \quad \epsilon_{cd} = -0.030 \quad \%$$

può essere valutato mediante i valori della tabella di fianco in funzione di:

Resistenza caratteristica a compressione  $f_{ck} = 32.00$   $R_{ct} = 40.00$  Mpa

Umidità relativa = 75 %

Dimensione trizza  $h_0 = 2 A_c / u =$   $A_c =$  Area soletta  $u =$  perimetro della sezione esposto all'aria

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno può essere valutato mediante l'espressione:

$$\epsilon_{ca\infty} = -2.5 (f_{ck} - 10) 10^{-5} = -0.0055 \quad \%$$

X  $0.8$  Riduzione per additivi 100%

La forza di ritiro da applicarsi nel baricentro della soletta nelle zone non fessurate vale:

$$N = \epsilon_{cs} E_{cm} A_c$$

dove:

$$E_{cm} = E_{cm} / (1 + \chi \phi) = 13353 \quad \text{Mpa}$$

essendo:  $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 33346$   $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40.0$  Mpa

Il coefficiente di viscosità  $\phi$  può essere dedotto dalle tabelle di fianco per interpolazione.

Ottenuta la forza di ritiro totale, la si suddivide per il numero delle travi e si calcola il momento di trasporto rispetto all'estradosso della soletta.

Tabella 11.2.Va - Valori di  $\epsilon_{cd}$

Deformazione da ritiro per essiccamento (in %)

$\epsilon_{cs}$	Umidità Relativa (in %)				
	20	40	60	80	100
20	-0.52	-0.58	-0.69	-0.80	-0.17
40	-0.48	-0.46	-0.38	-0.24	-0.13
60	-0.38	-0.36	-0.30	-0.19	-0.10
80	-0.30	-0.28	-0.24	-0.15	-0.07

Tabella 11.2.Vb - Valori di  $k_{cs}$

$h_c$ (mm)	$k_{cs}$
100	1.0
200	0.85
300	0.75
≥500	0.70

Tabella 11.2.VI - Valori di  $\phi$  in % (atmosfera con umidità relativa di circa il 75%)

$t_c$	$h_c \leq 75$ mm	$h_c = 150$	$h_c = 300$	$h_c \geq 600$
3 giorni	3.5	3.2	3.0	2.8
7 giorni	2.9	2.7	2.5	2.3
15 giorni	2.6	2.4	2.2	2.1
30 giorni	2.3	2.1	1.9	1.8
≥ 60 giorni	2.0	1.8	1.7	1.6

Tabella 11.2.VII - Valori di  $\phi$  in % (atmosfera con umidità relativa di circa il 55%)

$t_c$	$h_c \leq 75$ mm	$h_c = 150$	$h_c = 300$	$h_c \geq 600$
3 giorni	4.5	4.0	3.6	3.3
7 giorni	3.7	3.3	3.0	2.8
15 giorni	3.3	3.0	2.7	2.5
30 giorni	2.9	2.6	2.3	2.2
≥ 60 giorni	2.5	2.3	2.1	1.9

	$B_{sol}$ (m)	$A_c$ (m)	$u$ (m)	$h_0$ (mm)	$k_{cs}$ (m)	$\epsilon_{cd}$ (%)	$\epsilon_{ca}$ (%)	$\epsilon_{cs}$ (%)	$\phi$	$N$ (KN)	$N_T$ (KN)	$M_T$ (KNm)
Camp.1 SA-SB	10.50	3.15	16.35	385	0.729	-0.0222	-0.0055	-0.0277	1.872	-11631	-3877	-582

## 5.4 VARIAZIONI TERMICHE

Per quanto riguarda gli effetti della temperatura sulla struttura sono state valutate le seguenti condizioni di carico:

- Variazione termica differenziale sull'altezza della trave: si considera alternativamente (a seconda dell'effetto più gravoso) un gradiente termico di  $\pm 10^\circ\text{C}$ .
- Variazione termica uniforme sull'altezza della trave: si considera una variazione termica di  $\pm 30^\circ\text{C}$ .

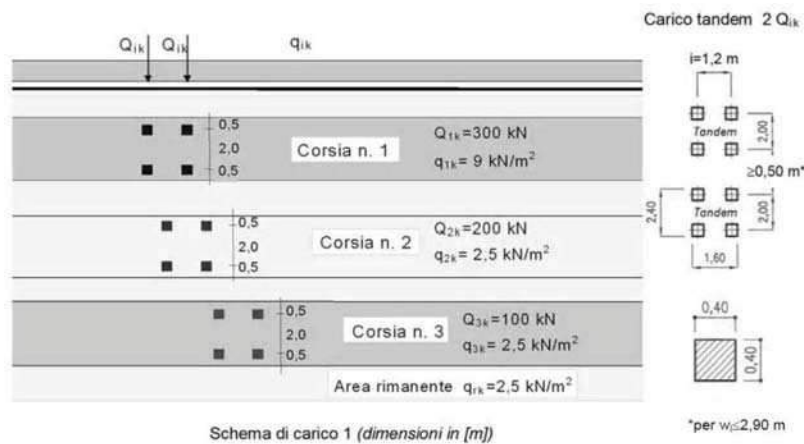
## 5.5 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

L'analisi dei carichi mobili viene effettuata in accordo alle indicazioni delle "Norme tecniche delle costruzioni".

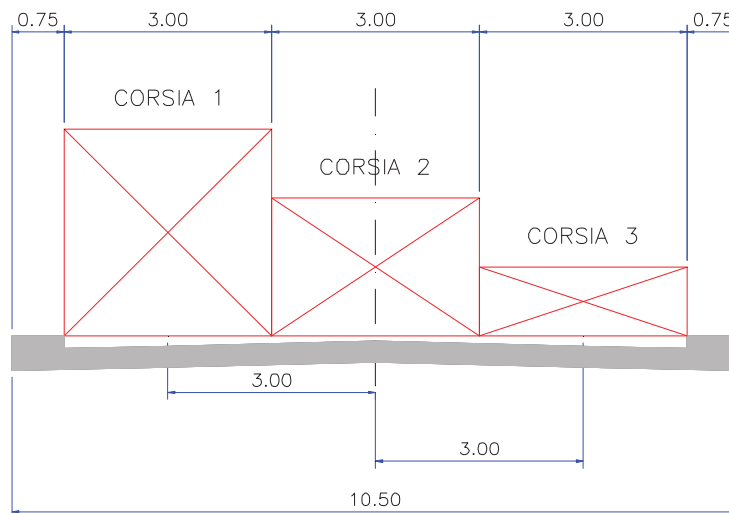
La sede stradale è composta da una carreggiata di larghezza media pari a 9.00m e da due cordoli laterali di sostegno delle barriere. La larghezza delle corsie convenzionali è pari a 3.00 m, per un totale di tre corsie, disposte in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto.

Le azioni variabili da traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dallo schema di carico 1, descritto nel seguito:

- corsia n.1 costituita da un automezzo convenzionale  $2Q_{1k}$  di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.20 m in senso longitudinale e con interasse delle ruote in senso trasversale di 2.00 m e un carico ripartito  $q_{1k}$  di 9 kN/m<sup>2</sup>;
- corsia n.2, analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 400 kN (automezzo convenzionale  $2Q_{2k}$ ) e 2.5 kN/m<sup>2</sup> (carico ripartito  $q_{2k}$ );
- corsia n.3, analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 200 kN (automezzo convenzionale  $2Q_{3k}$ ) e 2.5 kN/m<sup>2</sup> (carico ripartito  $q_{3k}$ ).



Sono stati considerati i carichi mobili previsti dalla vigente normativa per ponti di prima categoria, disposti nella configurazione che massimizza le sollecitazioni sulla trave di progetto.



## 5.6 FRENATURA

La lunghezza di una colonna è pari a quella esistente tra gli opposti giunti, e vale, con riferimento alle luci in asse impalcato:

$$L = 37.2 \text{ m}$$

La forza complessiva di frenatura generata dalla colonna frenante vale, pertanto:

$$q_3 = \max\{\min\{0.60 \times 2 \times Q_{1k} + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L; 900\}; 180\} \quad [\text{kN}]$$

$$q_3 = \max\{\min\{0.60 \times 2 \times 300 + 0.10 \times 9.0 \times 3.0 \times 37.2; 900\}; 180\} = 460 \text{ kN.}$$

## 5.7 AZIONE CENTRIFUGA

L'asse stradale presenta un andamento planimetrico rettilineo, pertanto non si considera la forza centrifuga.

## 5.8 AZIONE DEL VENTO

### AZIONE DEL VENTO (§3.3 N.T.C. 2008)

Regione **Sardegna (occidentale)** Zona **6**  
 Altitudine sul livello del mare **a<sub>s</sub> = 660.0 (m)**

Tabella 3.1 - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$  e  $k_a$  per le diverse zone italiane.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ (m/s)	$a_0$ (m)	$k_a$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0.40
2	Emilia Romagna	25	750	0.45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0.37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0.36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0.40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0.36
7	Liguria	28	1000	0.54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0.50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0.32



Figura 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

#### 3.2.2 Velocità di riferimento

Velocità base di riferimento al livello del mare  $v_{b,0} = 28.0$  (m/s)  
 parametri tabella 3.3.1  $a_0 = 500$  (m)  
 parametri tabella 3.3.1  $k_a = 0.02$  (1/s)  
 Velocità base di riferimento  $v_b = v_{b,0}$  per  $a_s \leq a_0$ ;  $v_b = v_{b,0} + k_a(a_s - a_0)$  per  $a_s > a_0$   $v_b = 31.2$  (m/s)

#### 3.3.2 Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto

Periodo di ritorno  $T_R = 50$  anni  
 Coefficiente di ritorno  $\alpha_r = 0.75 (1 - 0.2 \ln(-\ln(1 - 1/T_R)))^{0.5}$   $\alpha_r = 1.00$   
 Velocità di riferimento di progetto  $v_b(Tr) = \alpha_r v_b$   $v_b(Tr) = 31.2$  (m/s)

#### 3.3.6 Pressione cinetica di riferimento

Pressione cinetica di riferimento  $\rho_{aria} = 1.25$  (kg/m<sup>3</sup>)  
 $q_p = 609.3$  (N/m<sup>2</sup>)

#### 3.3.7 Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno  
 Distanza dalla costa e altitudine

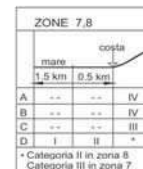
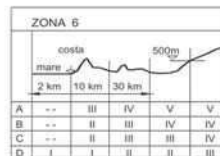
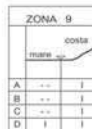
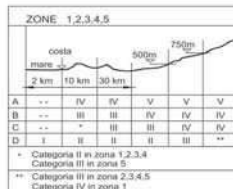


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

Categoria di esposizione del sito **II**

Coefficiente di topografia  $C_t = 1.0$   
 Fattore di terreno  $k_r = 0.19$   
 Lunghezza di rugosità  $z_0 = 0.05$  (m)  
 Altezza minima  $z_{min} = 4.00$  (m)

Coefficiente di esposizione

per  $z > z_{min}$   $c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) (7 + c_t \ln(z/z_0))$   $z_{bar}$  (m) **9.00**  $c_e(z) = 2.286$   
 per  $z \leq z_{min}$   $c_e(z) = c_e(z_{min})$

Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)

Coefficiente dinamico  $C_p = 1.0$

3.3.4 Pressione del vento  $p(z) = q_b C_e C_p C_d$   $p(z) = 1.393$  (kN/m<sup>2</sup>)

Si tiene conto di una pressione del vento pari a 1.393 kN/mq, applicato su tutte le superfici e su un'impronta di carico di 3.0 m al disopra del piano stradale.

## 5.9 URTO SULLA BARRIERA SICURVIA

Si tiene conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN. Essa è considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 1.0 m sopra il livello del piano di marcia. Questa forza è applicata su una linea lunga 0.5 m.

## 5.10 AZIONE SISMICA

### 5.10.1 Parametri azione sismica

L'azione sismica è valutata con riferimento alle indicazioni delle norme tecniche per le costruzioni.

La vita nominale  $V_N$  dell'opera strutturale è assunta pari a 50 anni, la classe d'uso è la IV, da cui deriva un coefficiente d'uso  $C_U=2.0$ .

L'azione sismica è valutata in relazione ad un periodo di riferimento  $VR = V_N \cdot C_U = 100$  anni.

Le forme spettrali, di seguito riportate, sono valutate per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  che caratterizza i diversi stati limite e sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito

$F_0$  coefficiente di amplificazione spettrale massima

$T_{C^*}$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Il sottosuolo rientra nella categoria B.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale normalizzata, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima  $a_g$  sul sito di riferimento rigido orizzontale.

Lo spettro di risposta della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

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

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

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

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

dove

$S_e$  è l'accelerazione spettrale orizzontale;

$T$  è il periodo di vibrazione;

$S$  è il coefficiente di amplificazione che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche,  $S = S_S \cdot S_T$ ;

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro per coefficienti di smorzamento convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%,  
 $\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55$ ;

$T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro,

$T_C = C_C \cdot T_{C^*}$ , con  $C_C$  coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

$T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,  $T_B = T_C/3$ ;

$T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante,  $T_D = 4.0 \cdot a_g/g + 1.6$ .

Relazione di Calcolo Impalcato

20

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Di seguito si riportano gli spettri elastici utilizzati nell'analisi.

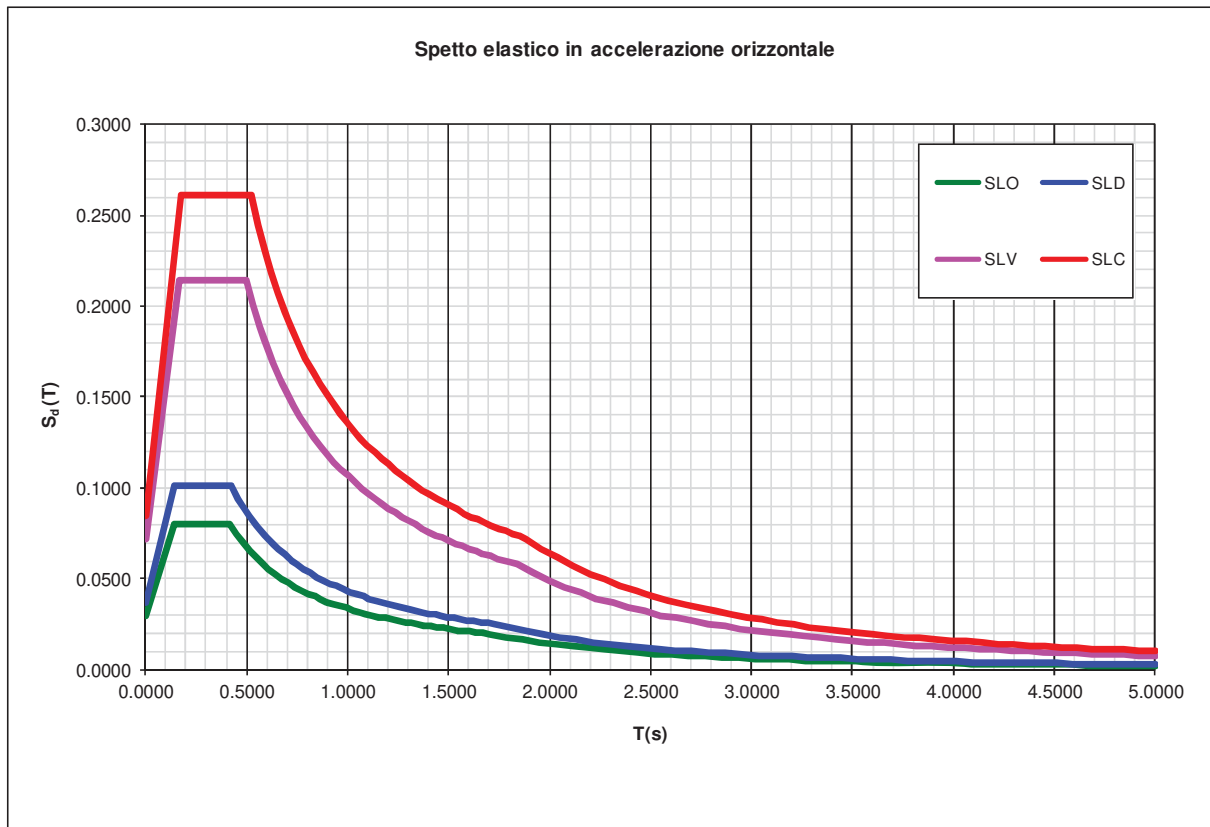


Figura 7: Spettri elastici utilizzati nell'analisi

TABELLA 2 NTC (ISOLE):	Sardegna
cat. Terreno	B
Smorzamento viscoso	$\xi=5\%$
Vita nominale	$V_N=50$ anni
Classe d'uso	IV



Vita nominale della struttura	$V_N$	50
Classe d'Uso	Classe	IV
Coefficiente d'uso	$C_U$	2.0
Periodo di riferimento	$V_R$	100

			$P_{V_R}$	$T_R$
Stato Limite di Esercizio	SLE	SLO	81%	60
		SLD	63%	101
Stato Limite di Ultimo	SLU	SLV	10%	949
		SLC	5%	1950

TABELLA PARAMETRI AZIONE SISMICA PER GLI STATI LIMITE

Stato Limite	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
SLO	60	0.025	2.685	0.300
SLD	101	0.031	2.730	0.307
SLV	949	0.060	2.976	0.371
SLC	1950	0.071	3.061	0.393

Stato Limite	$T_R$ [anni]	$T_B$ [s]	$T_C$ [s]	$T_D$ [s]	Ss	Cc	Sd (T) [g]
SLO	60	0.140	0.419	1.702	1.200	1.400	0.0352
SLD	101	0.143	0.428	1.725	1.200	1.393	0.0450
SLV	949	0.166	0.497	1.840	1.200	1.341	0.1090
SLC	1950	0.174	0.521	1.883	1.200	1.326	0.1388

## 5.10.2 Risultati analisi modale

Si riportano di seguito i principali risultati dell'analisi modale.

I modi considerati sono 50; le masse associate all'analisi modale sono costituite dal peso proprio dell'impalcato metallico e delle sottostrutture, dalla soletta in c.a. e dai carichi permanenti portati, in accordo con quanto prescritto dalla normativa.

La percentuale di massa eccitata nelle tre direzioni ortogonali è illustrata nella seguente tabella.

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODALE	Acceleration	UX	100	98.8514
MODALE	Acceleration	UY	100	98.9252
MODALE	Acceleration	UZ	99.9989	97.3367

Si riportano, nella seguente tabella, per i primi 20 modi di vibrare, i valori dei periodi e delle frequenze.

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODALE	Mode	1	0.914488	1.0935	6.8707	47.207
MODALE	Mode	2	0.907204	1.1023	6.9259	47.968
MODALE	Mode	3	0.536821	1.8628	11.704	136.99
MODALE	Mode	4	0.359607	2.7808	17.472	305.28
MODALE	Mode	5	0.262609	3.8079	23.926	572.46
MODALE	Mode	6	0.103079	9.7013	60.955	3715.5
MODALE	Mode	7	0.089721	11.146	70.03	4904.2
MODALE	Mode	8	0.052468	19.059	119.75	14341
MODALE	Mode	9	0.051868	19.28	121.14	14674
MODALE	Mode	10	0.04743	21.084	132.47	17549
MODALE	Mode	11	0.040591	24.636	154.79	23961
MODALE	Mode	12	0.033399	29.941	188.12	35390
MODALE	Mode	13	0.033285	30.044	188.77	35634
MODALE	Mode	14	0.030878	32.385	203.48	41405
MODALE	Mode	15	0.027301	36.628	230.14	52965
MODALE	Mode	16	0.024784	40.349	253.52	64272
MODALE	Mode	17	0.024569	40.702	255.74	65401
MODALE	Mode	18	0.023464	42.618	267.77	71703
MODALE	Mode	19	0.022598	44.252	278.04	77308
MODALE	Mode	20	0.021655	46.179	290.15	84189

Si riportano nella seguente tabella, per i primi 20 modi di vibrare, le percentuali di massa eccitata nelle tre direzioni ortogonali.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODALE	Mode	1	0.914488	0	0.98081	0	0.00005956	0	0.71757
MODALE	Mode	2	0.907204	0.98076	0	9.543E-10	0	0.000007816	0
MODALE	Mode	3	0.536821	0	1.158E-07	0	2.408E-10	0	0.25435
MODALE	Mode	4	0.359607	8.779E-10	0	0.81152	0	0.61175	0
MODALE	Mode	5	0.262609	0	6.792E-07	0	0.81876	0	5.224E-07
MODALE	Mode	6	0.103079	0.000006188	1.407E-19	0.00001138	7.001E-20	0.1507	0
MODALE	Mode	7	0.089721	7.856E-20	3.054E-09	8.888E-20	4.848E-08	6.589E-20	5.005E-07
MODALE	Mode	8	0.052468	4.391E-09	2.343E-17	0.08395	1.628E-18	0.06093	7.026E-18
MODALE	Mode	9	0.051868	5.414E-18	0.000004679	6.034E-17	0.01045	1.512E-17	0.000004682
MODALE	Mode	10	0.04743	5.57E-17	0.00001501	6.077E-16	0.07582	1.183E-16	0.00001333
MODALE	Mode	11	0.040591	8.071E-08	1.728E-15	0.00001427	2.354E-15	0.00001632	2.304E-16
MODALE	Mode	12	0.033399	0.0001	6.033E-16	2.443E-07	5.216E-17	0.02976	6.251E-16
MODALE	Mode	13	0.033285	0.00006125	1.814E-16	0.0000037	1.9E-17	0.00427	1.03E-16
MODALE	Mode	14	0.030878	1.015E-15	8.215E-07	2.406E-17	0.000000151	2.226E-16	0.00006742
MODALE	Mode	15	0.027301	0.000001018	1.379E-20	0.00001392	1.077E-18	0.000009415	2.109E-16
MODALE	Mode	16	0.024784	0.000001096	9.394E-18	0.02314	9.957E-16	0.01972	1.134E-15
MODALE	Mode	17	0.024569	5.808E-19	7.354E-07	1.903E-14	9.888E-07	1.374E-16	0.00039
MODALE	Mode	18	0.023464	2.173E-07	1.391E-18	0.00877	1.511E-15	0.00571	2.152E-16
MODALE	Mode	19	0.022598	8.298E-17	0.00074	2.306E-17	0.02975	4.022E-15	0.00073
MODALE	Mode	20	0.021655	0.0004	9.047E-17	0.0000109	1.254E-17	0.00002067	3.134E-16

Si riportano di seguito le deformate modali della struttura nei primi modi di vibrare.

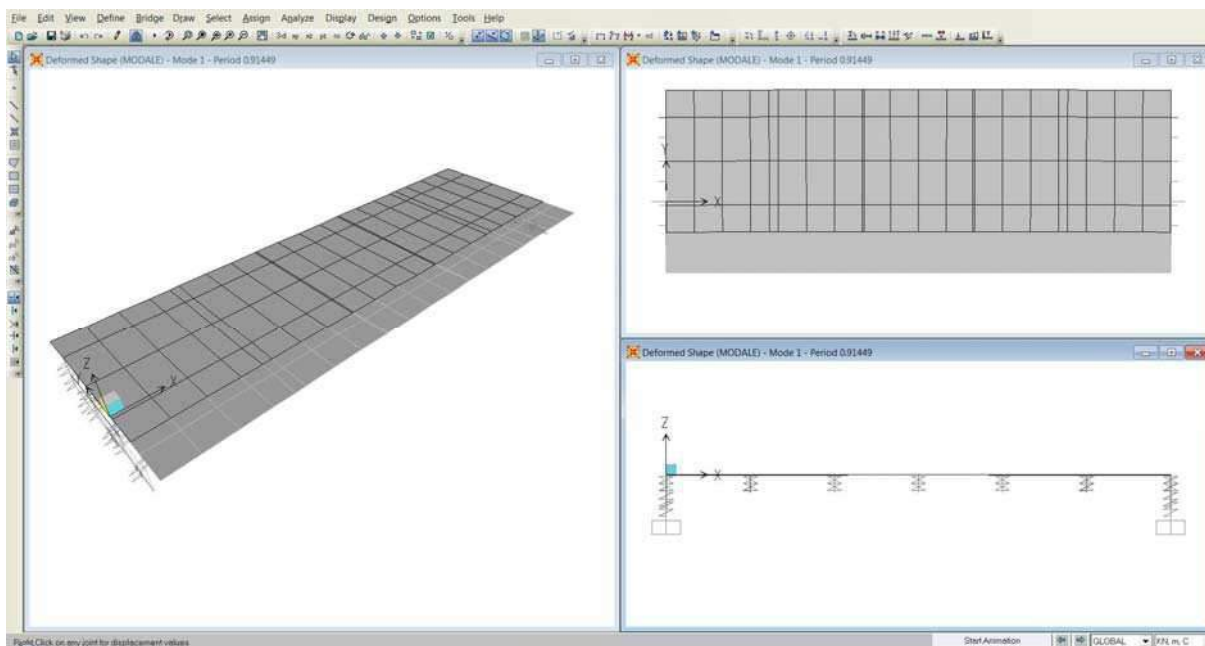


Figura 8: Deformata modale modo n°1

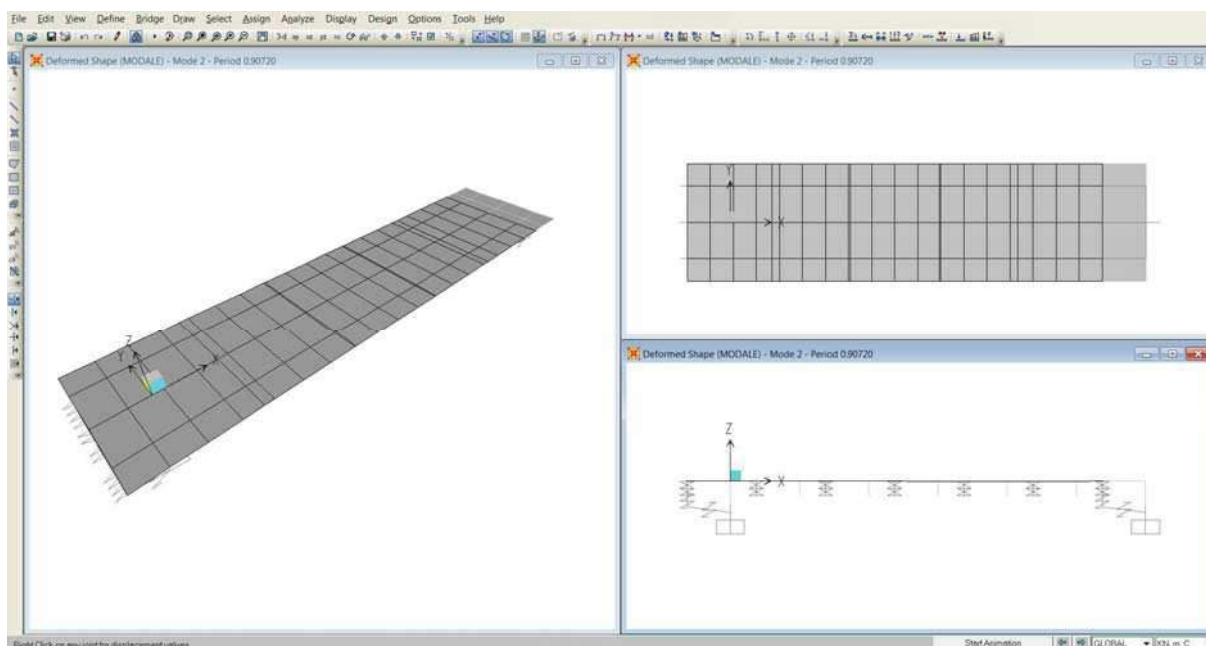


Figura 9: Deformata modale modo n°2

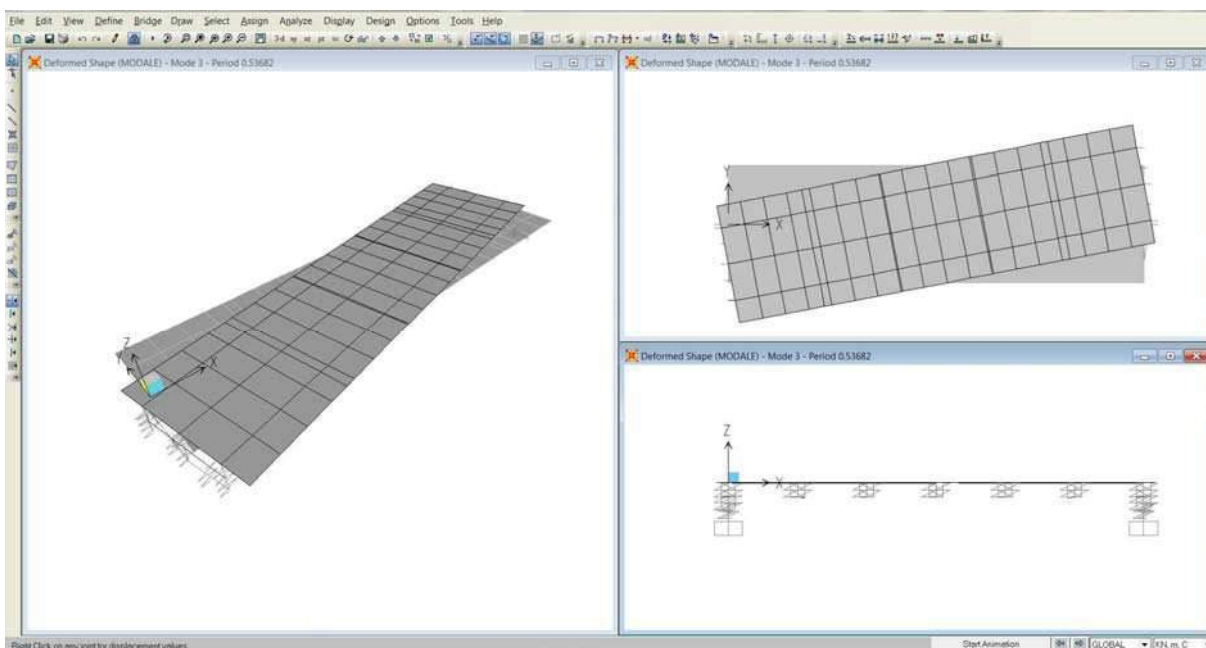


Figura 10: Deformata modale modo n°3

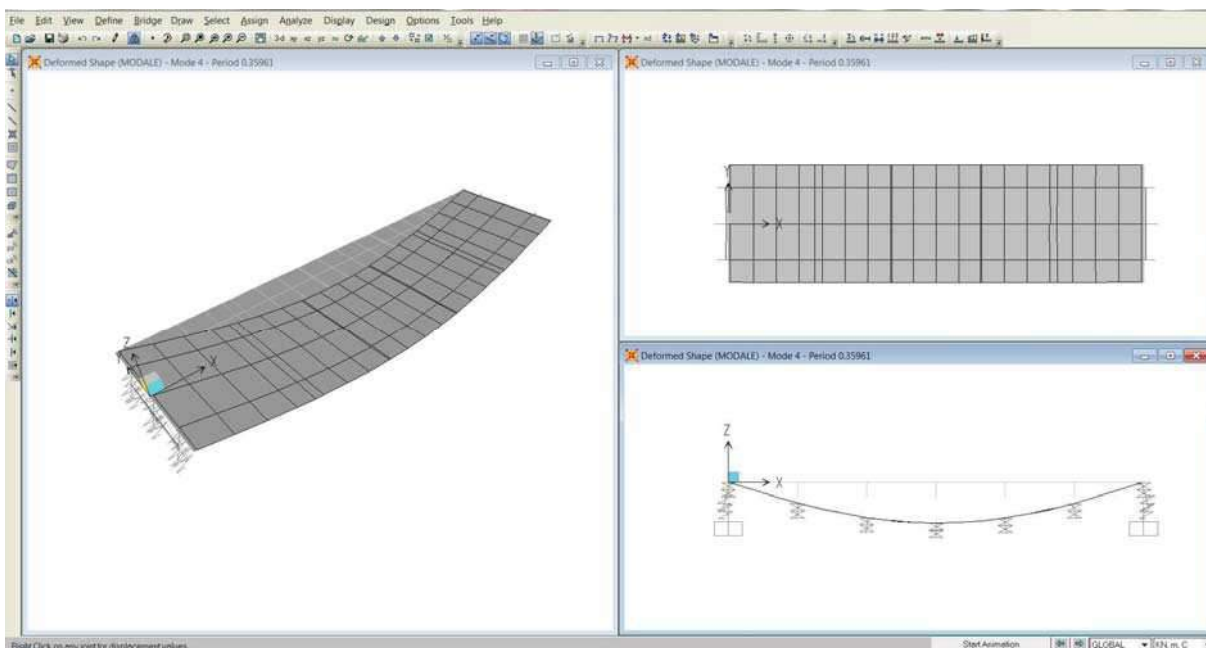


Figura 11: Deformata modale modo n°4

## 5.11 COMBINAZIONI DI CARICO

Le condizioni di carico di cui ai paragrafi precedenti sono state combinate secondo quanto indicato dalle norme tecniche sulle costruzioni.

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate ai fini del calcolo dell'impalcato.

COD	OPT	40	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7	CC8	CC9	CC10	CC11	CC12	CC13	CC14
1	0	G1-ACCIAIO	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
2	0	G1-SOLETTA	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
3	0	G2-PERMANENTI	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
4	0	E1-DISTORSIONI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
5	0	E2-RITIRO	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0	E3-TERMICA	0.90	0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90
7	0	E4-CEDIMENTI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	4	Q1-MOBILI-KK	1.35				1.35				1.35				1.35	
9	6	Q1-MOBILI-KK		1.35				1.35				1.35				1.35
10	20	Q1-MOBILI-KK			1.35				1.35				1.35			
11	22	Q1-MOBILI-KK				1.35				1.35				1.35		
12	4	Q1-MOBILI-FQ	0.00				0.00				0.00				0.00	
13	6	Q1-MOBILI-FQ		0.00				0.00				0.00				0.00
14	20	Q1-MOBILI-FQ			0.00				0.00				0.00			
15	22	Q1-MOBILI-FQ				0.00				0.00				0.00		
16	4	Q1-MOBILI-FT	0.00				0.00				0.00				0.00	
17	6	Q1-MOBILI-FT		0.00				0.00				0.00				0.00
18	20	Q1-MOBILI-FT			0.00				0.00				0.00			
19	22	Q1-MOBILI-FT				0.00				0.00				0.00		
20	0	Q3-FRENATURA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0	Q4-CENTRIFUGA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0	Q5-VENTO-C	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90
23	0	Q6-SISMA-V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0	Q7-ATTRITO-P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



COD	OPT	40	CC15	CC16	CC17	CC18	CC19	CC20	CC21	CC22	CC23	CC24	CC25	CC26	CC27
1	0	G1-ACCIAIO	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0	G1-SOLETTA	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	0	G2-PERMANENTI	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	0	E1-DISTORSIONI	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0	E2-RITIRO	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	0	E3-TERMICA	-0.90	-0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	0.50	0.50	0.50
7	0	E4-CEDIMENTI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	4	Q1-MOBILI-KK			1.00				1.00				0.00		
9	6	Q1-MOBILI-KK				1.00				1.00				0.00	
10	20	Q1-MOBILI-KK	1.35				1.00				1.00				0.00
11	22	Q1-MOBILI-KK		1.35				1.00				1.00			
12	4	Q1-MOBILI-FQ			0.00				0.00				1.00		
13	6	Q1-MOBILI-FQ				0.00				0.00				1.00	
14	20	Q1-MOBILI-FQ	0.00				0.00				0.00				1.00
15	22	Q1-MOBILI-FQ		0.00				0.00				0.00			
16	4	Q1-MOBILI-FT			0.00				0.00				0.00		
17	6	Q1-MOBILI-FT				0.00				0.00				0.00	
18	20	Q1-MOBILI-FT	0.00				0.00				0.00				0.00
19	22	Q1-MOBILI-FT		0.00				0.00				0.00			
20	0	Q3-FRENATURA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0	Q4-CENTRIFUGA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0	Q5-VENTO-C	-0.90	-0.90	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.20	-0.20	-0.20
23	0	Q6-SISMA-V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0	Q7-ATTRITO-P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

COD	OPT	40	CC28	CC29	CC30	CC31	CC32	CC33	CC34	CC35	CC36	CC37	CC38	CC39	CC40
1	0	G1-ACCIAIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00
2	0	G1-SOLETTA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	
3	0	G2-PERMANENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	
4	0	E1-DISTORSIONI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
5	0	E2-RITIRO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
6	0	E3-TERMICA	0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00		-1.00
7	0	E4-CEDIMENTI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
8	4	Q1-MOBILI-KK		0.00				0.00	0.00	0.00				-0.20	1.00
9	6	Q1-MOBILI-KK			0.00						0.00				
10	20	Q1-MOBILI-KK				0.00						0.00			
11	22	Q1-MOBILI-KK	0.00				0.00						0.00		
12	4	Q1-MOBILI-FQ		1.00				0.00	0.00	0.00					
13	6	Q1-MOBILI-FQ			1.00						0.00				
14	20	Q1-MOBILI-FQ				1.00						0.00			
15	22	Q1-MOBILI-FQ	1.00				1.00						0.00		
16	4	Q1-MOBILI-FT		0.00				0.00	0.00	1.00					
17	6	Q1-MOBILI-FT			0.00						1.00				
18	20	Q1-MOBILI-FT				0.00						1.00			
19	22	Q1-MOBILI-FT	0.00				0.00						1.00		
20	0	Q3-FRENATURA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
21	0	Q4-CENTRIFUGA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
22	0	Q5-VENTO-C	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
23	0	Q6-SISMA-V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
24	0	Q7-ATTRITO-P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Le combinazioni dalla n.1 alla n.16 sono state utilizzate per le verifiche allo SLU (Resistenza, stabilità dei pannelli, connettori ecc.)

Le combinazioni dalla n.17 alla n.24 sono state utilizzate per le verifiche allo SLE-rare (Controllo tensionale)

Le combinazioni dalla n.25 alla n.32 sono state utilizzate per le verifiche allo SLE-frequente (Fessurazione)

Le combinazioni dalla n.25 alla n.32 sono state utilizzate per le verifiche allo SLE-Quasi permanente.

Le combinazioni dalla n.35 alla n.38 sono state utilizzate per le verifiche allo SLU di fatica.

La combinazione n.39 è stata utilizzata per il calcolo della contromonta.

La combinazione n.40 è stata utilizzata per il calcolo delle deformazioni.

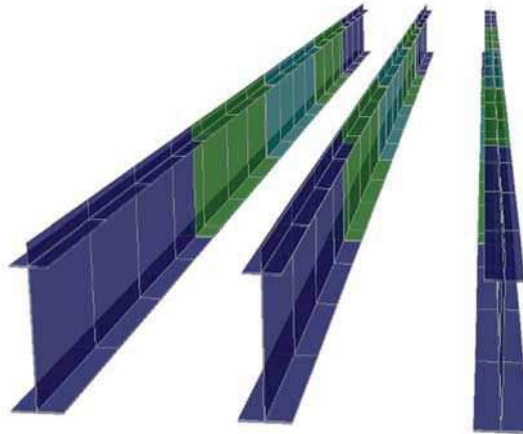
## 6 MODELLO NUMERICO

### 6.1 DESCRIZIONE

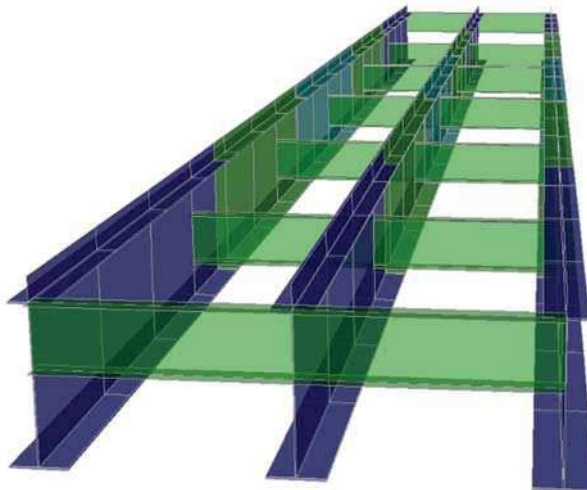
Per l'intera struttura è stato definito un modello numerico rappresentativo con il programma di calcolo agli elementi finiti CSI Bridge v.21.2.0 della Computer and Structures Inc., distribuito da CSI Italia, licenza nr. #2010\*1MB68WA7FTWJVPU.

I vari elementi costituenti il modello sono i seguenti:

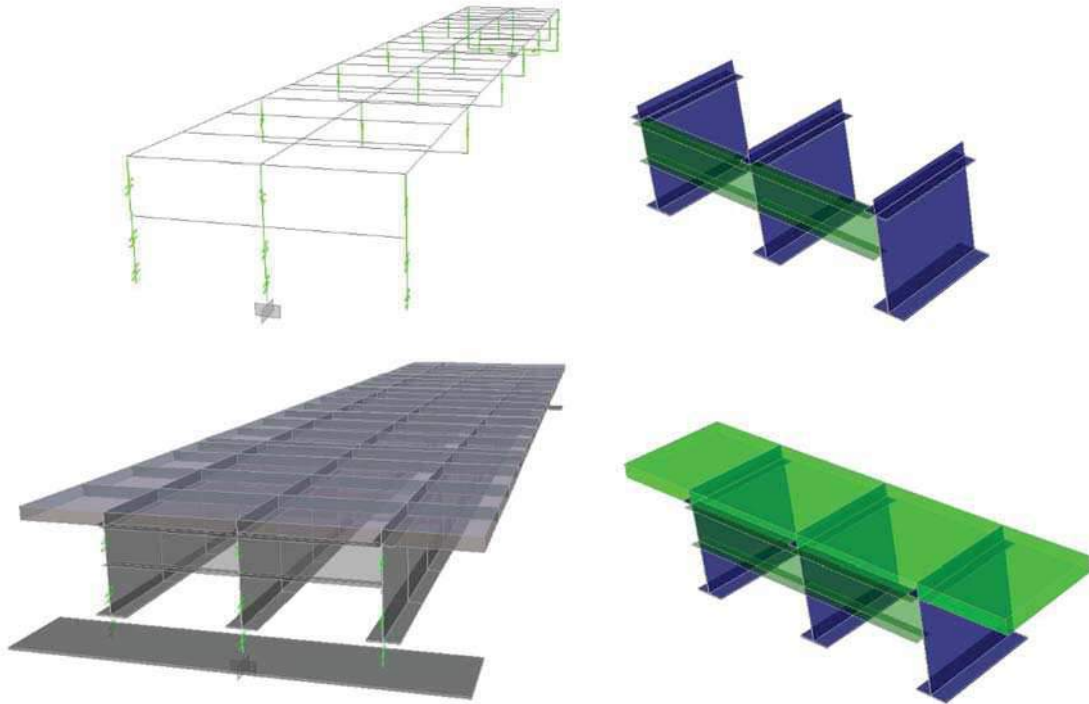
- Travi e soletta – Grigliato di aste costituite da elementi frame aventi l'inerzia delle sezioni costituita dalle travi d'acciaio e dalla soletta omogeneizzata. Su ciascuna asta sono stati assegnati i carichi precedentemente descritti e le linee di transito su cui muovono le azioni dovute al traffico dei veicoli.



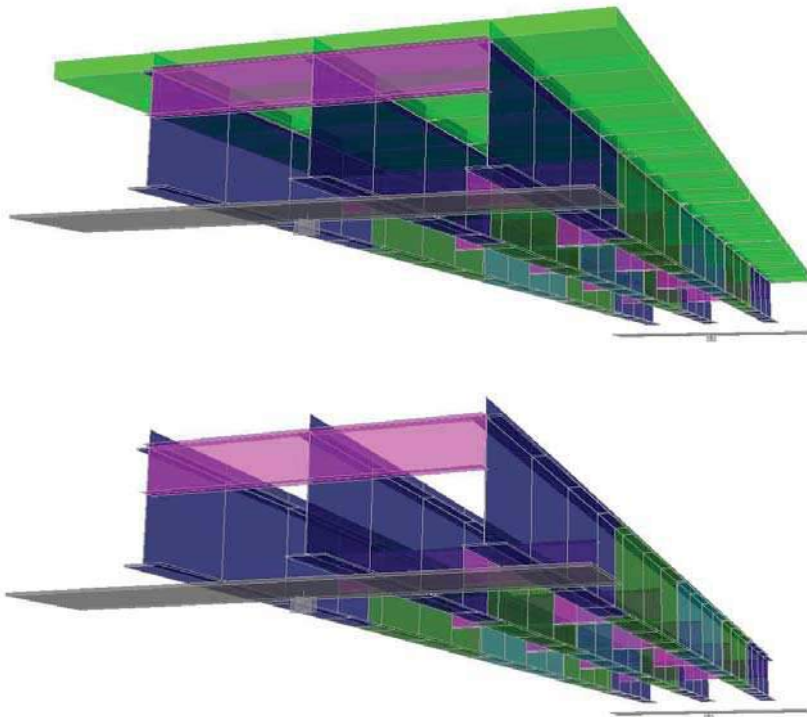
- Diaframmi – Aste continue costituite da elementi frame aventi le caratteristiche inerziali dei profilati a parete piena costituenti i diaframmi.



- Soletta – Considerata solo per gli effetti trasversali, è modellata mediante aste di larghezza 1.0m E' stato modellato un piano rigido (verticale) che collega l'asta di trave con l'asse delle due briglie inferiore e superiore di ogni diaframma. Per l'analisi modale e l'analisi dinamica con spettro di risposta, al fine di simulare il comportamento rigido di diaframma della soletta, questa è stata modellata con elementi shell.



- Appoggi – Sono schematizzati con elementi link di rigidezza pari a 4330 KN/m. I link sono collegati alle travi e al piano appoggi mediante elementi rigidi.
- Spalle – costituiscono un semplice vincolo d'appoggio per l'intero modello



Per tener conto delle fasi costruttive, sono state definite all'interno del modello 4 fasi con tre tipi di sezioni reagenti e relativi carichi:

1. Fase: Sezione reagente: sola trave metallica e diaframmi; Carichi agenti: peso proprio elementi metallici e getto della soletta fluida.
2. Fase: Sezione reagente: trave metallica con soletta collaborante omogeneizzata a tempo infinito ( $n=E_a/E_c$ ) e diaframmi; Carichi agenti: carichi permanenti e ritiro del calcestruzzo.
3. Fase: Sezione reagente: trave metallica con soletta collaborante omogeneizzata a tempo 0 ( $n=E_a/E_{c_t}$ ) e diaframmi; Carichi agenti: carichi accidentali e variazioni termiche.
4. Fase sismica: Sezione reagente: trave metallica e diaframmi (frame) con soletta (shell); Carichi agenti: analisi modale e analisi dinamica con spettro di risposta.

Di seguito si riportano nelle figure alcune immagini significative del modello descritto con i relativi risultati.

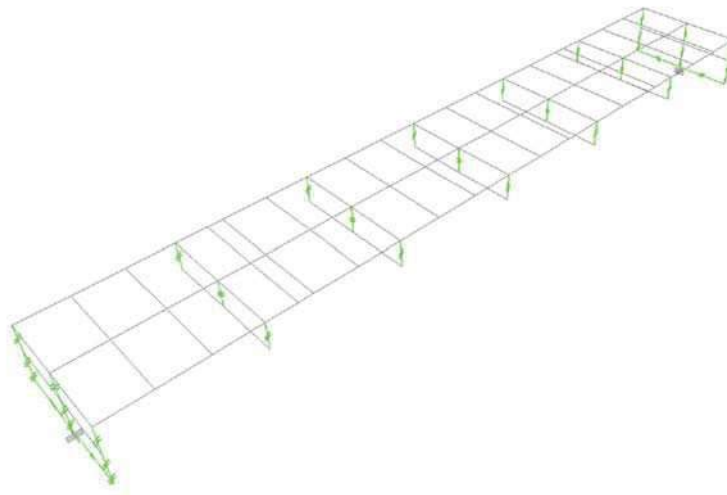


Figura 12: Modello numerico (Schema unifilare)

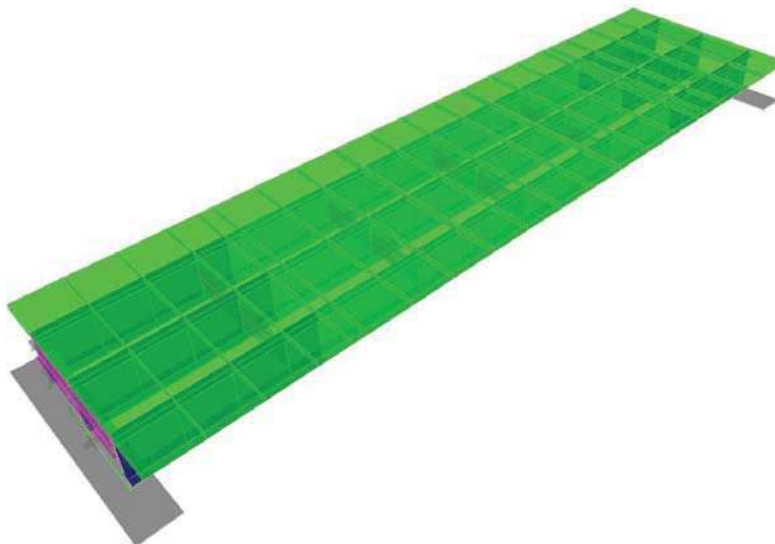


Figura 13: Modello numerico (Vista 3D)

## 6.2 SOLLECITAZIONI ELEMENTARI

Nelle immagini seguenti si riporta l'andamento delle sollecitazioni flessionali e di taglio delle travi principali per i principali casi di carico.

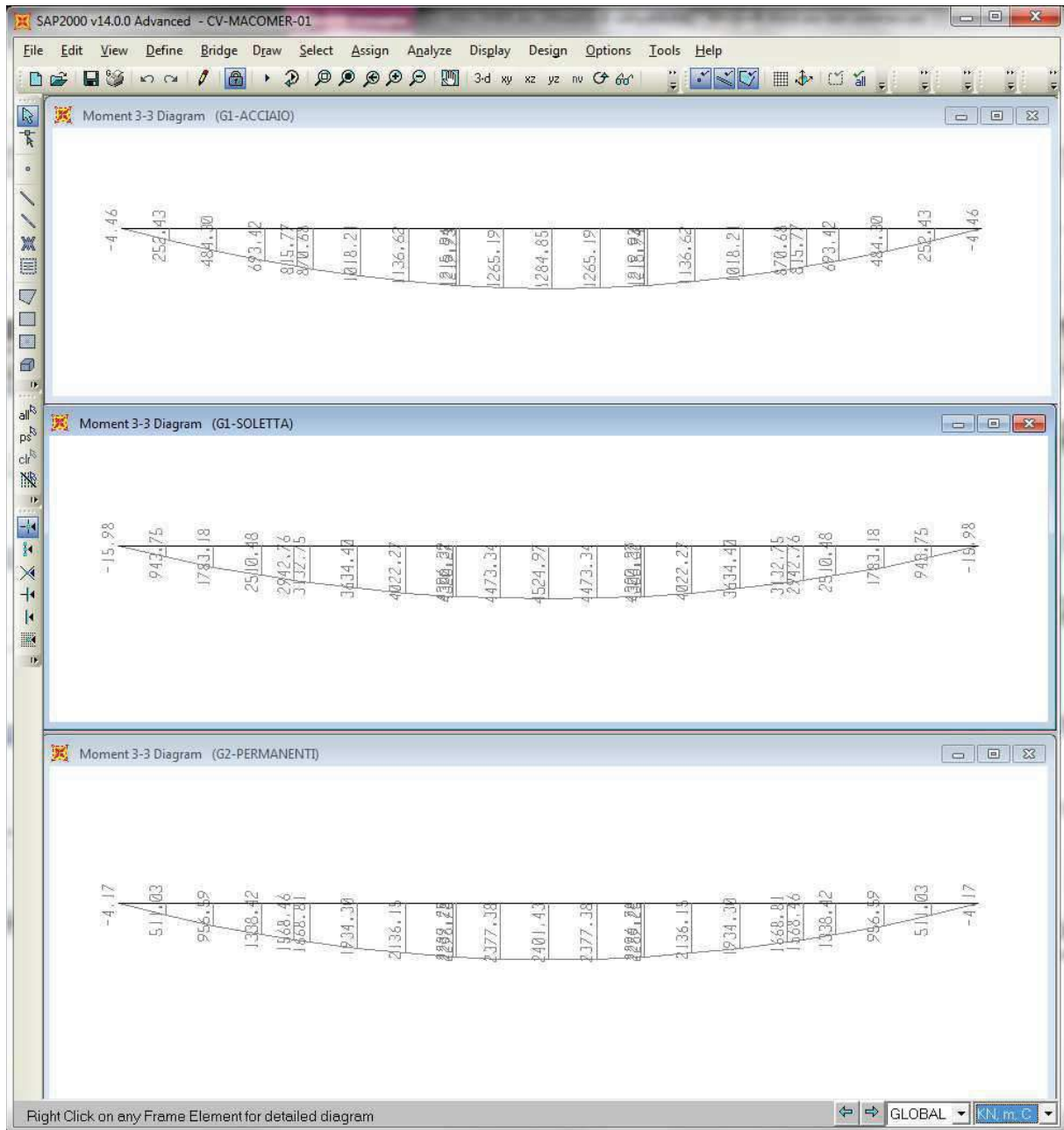


Figura 14: Momento flettente M33 – trave 1 – sollecitazioni elementari



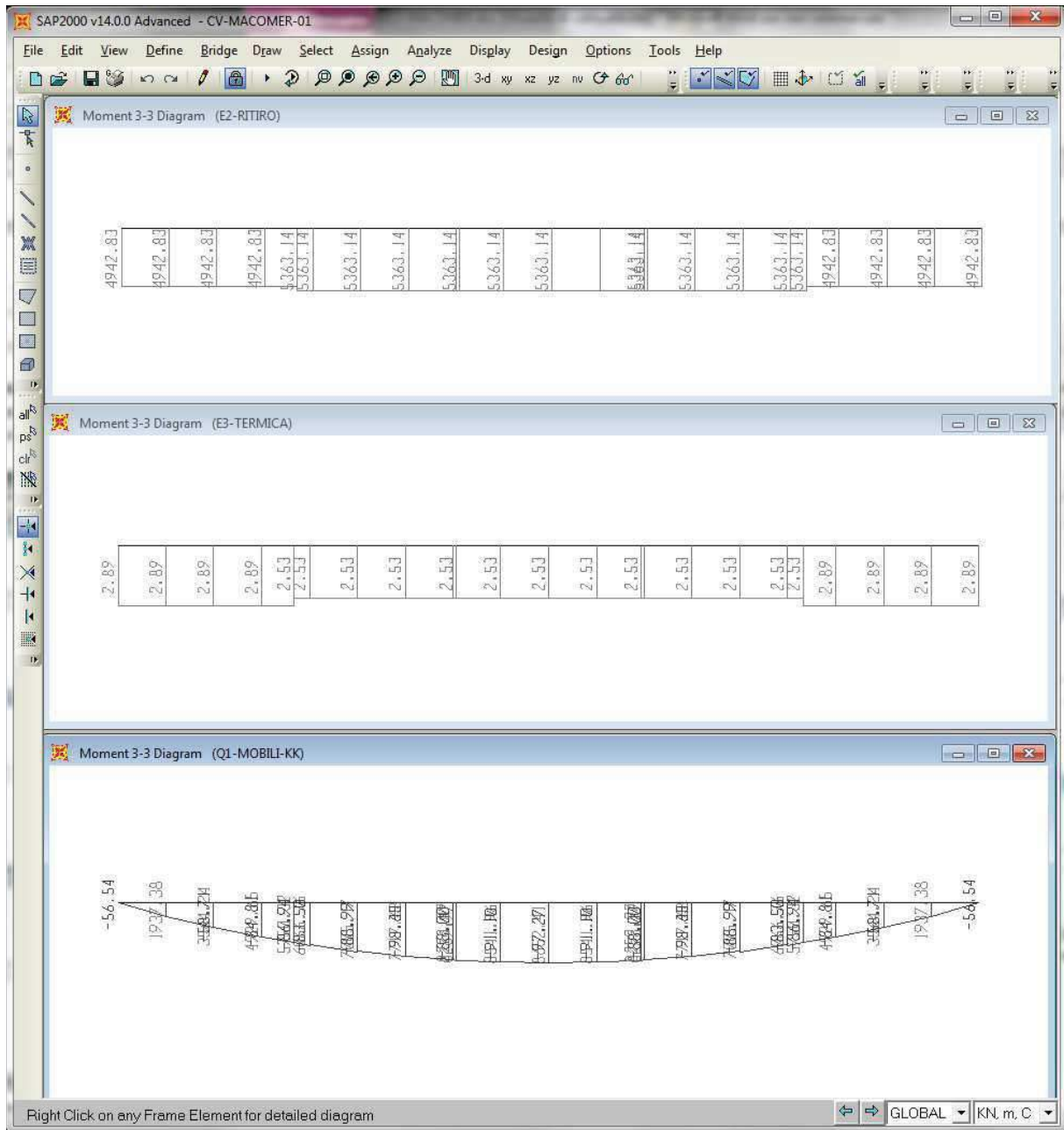


Figura 15: Momento flettente M33 – trave 1 – sollecitazioni elementari



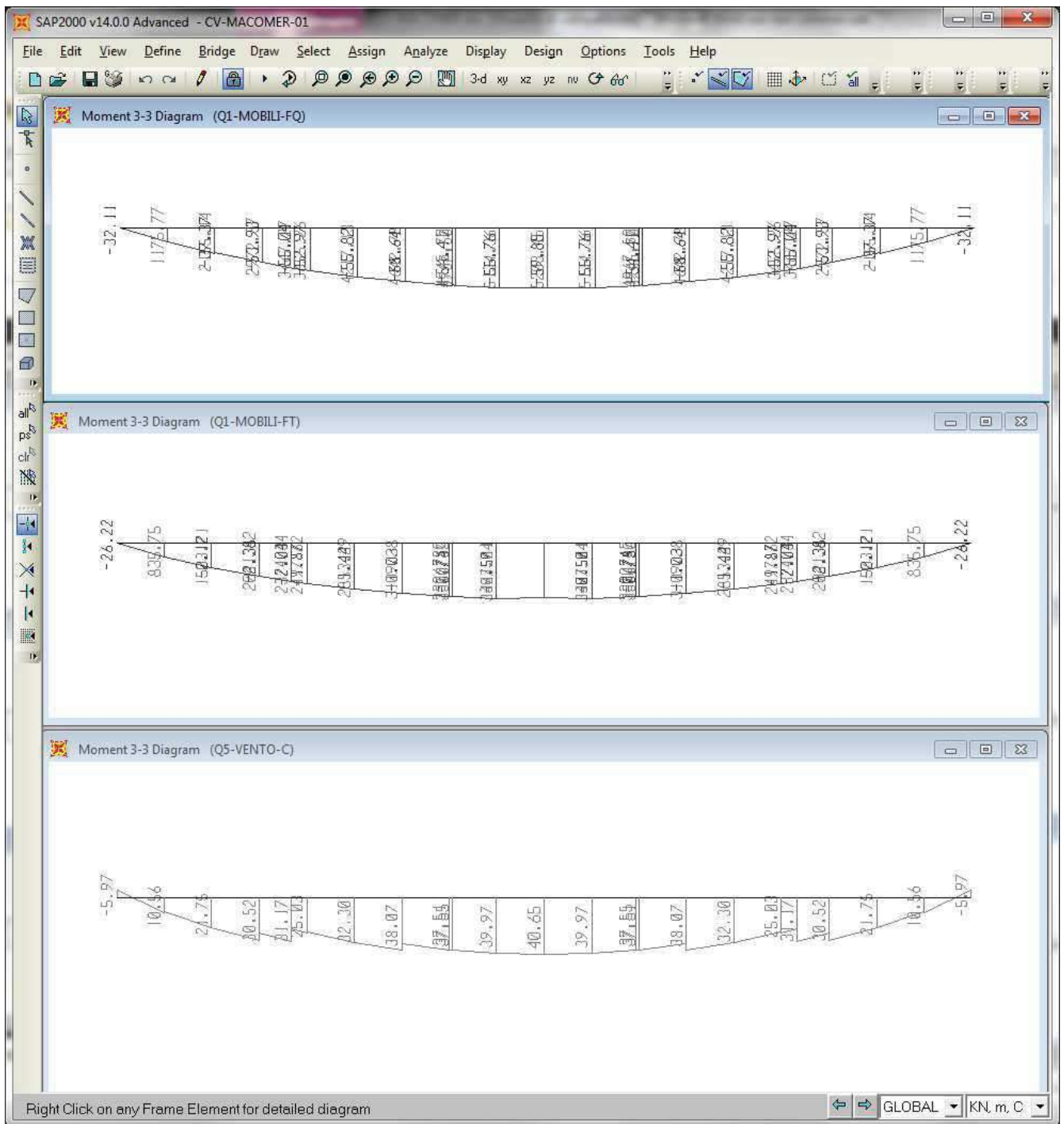


Figura 16: Momento flettente M33 – trave 1 – sollecitazioni elementari

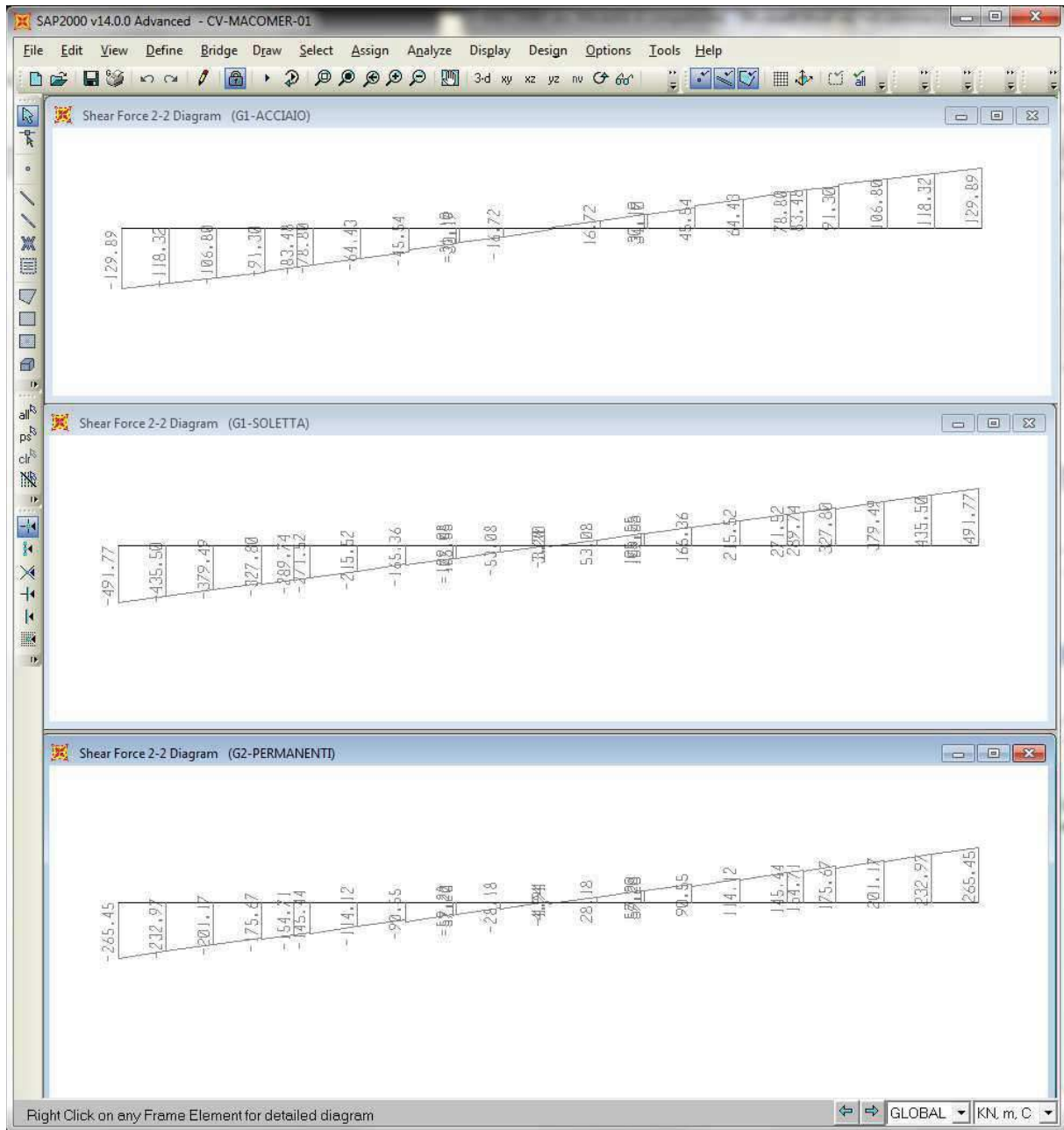


Figura 17: Taglio V22 – trave 1 – sollecitazioni elementari

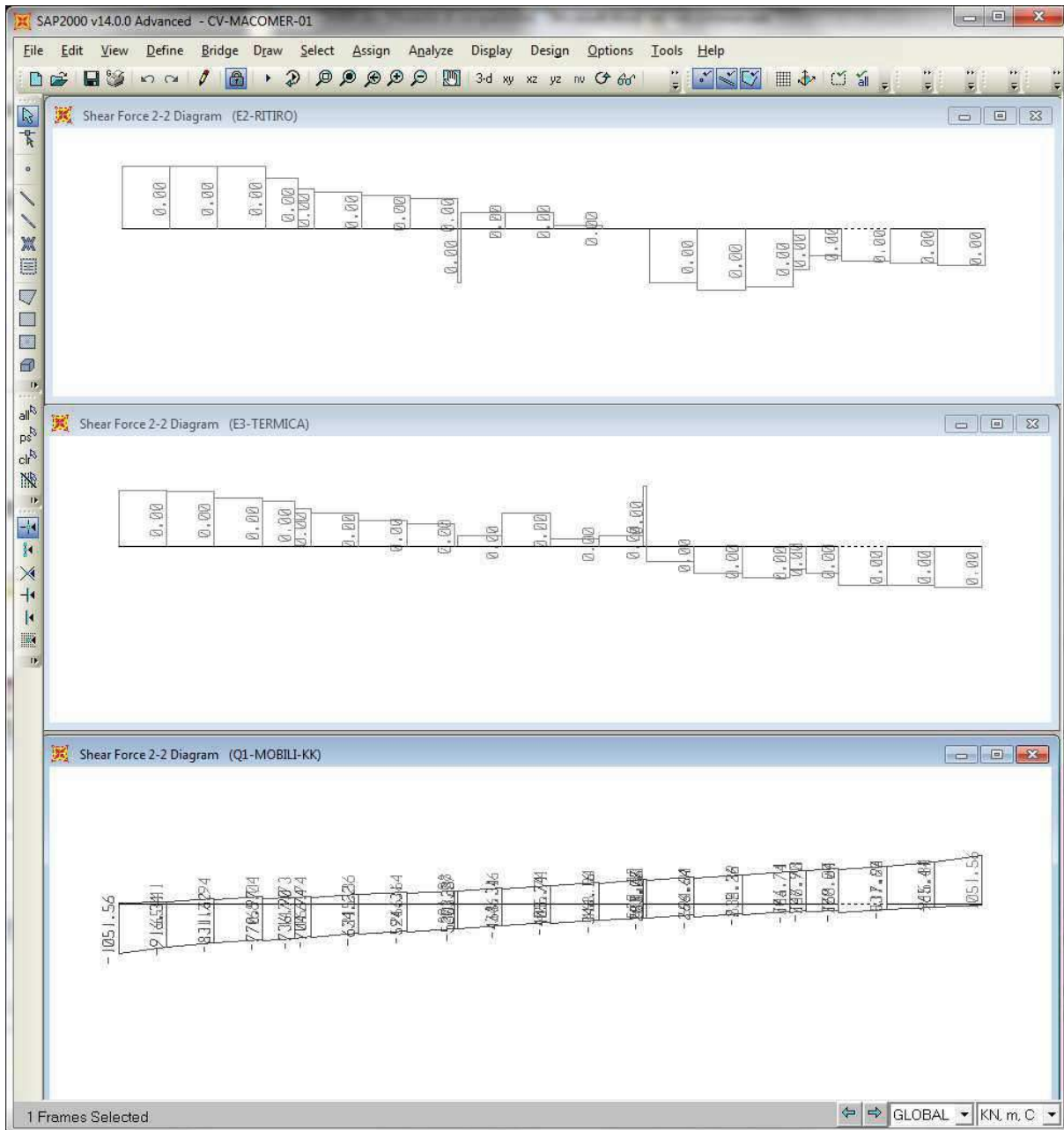


Figura 18: Taglio V22 – trave 1 – sollecitazioni elementari

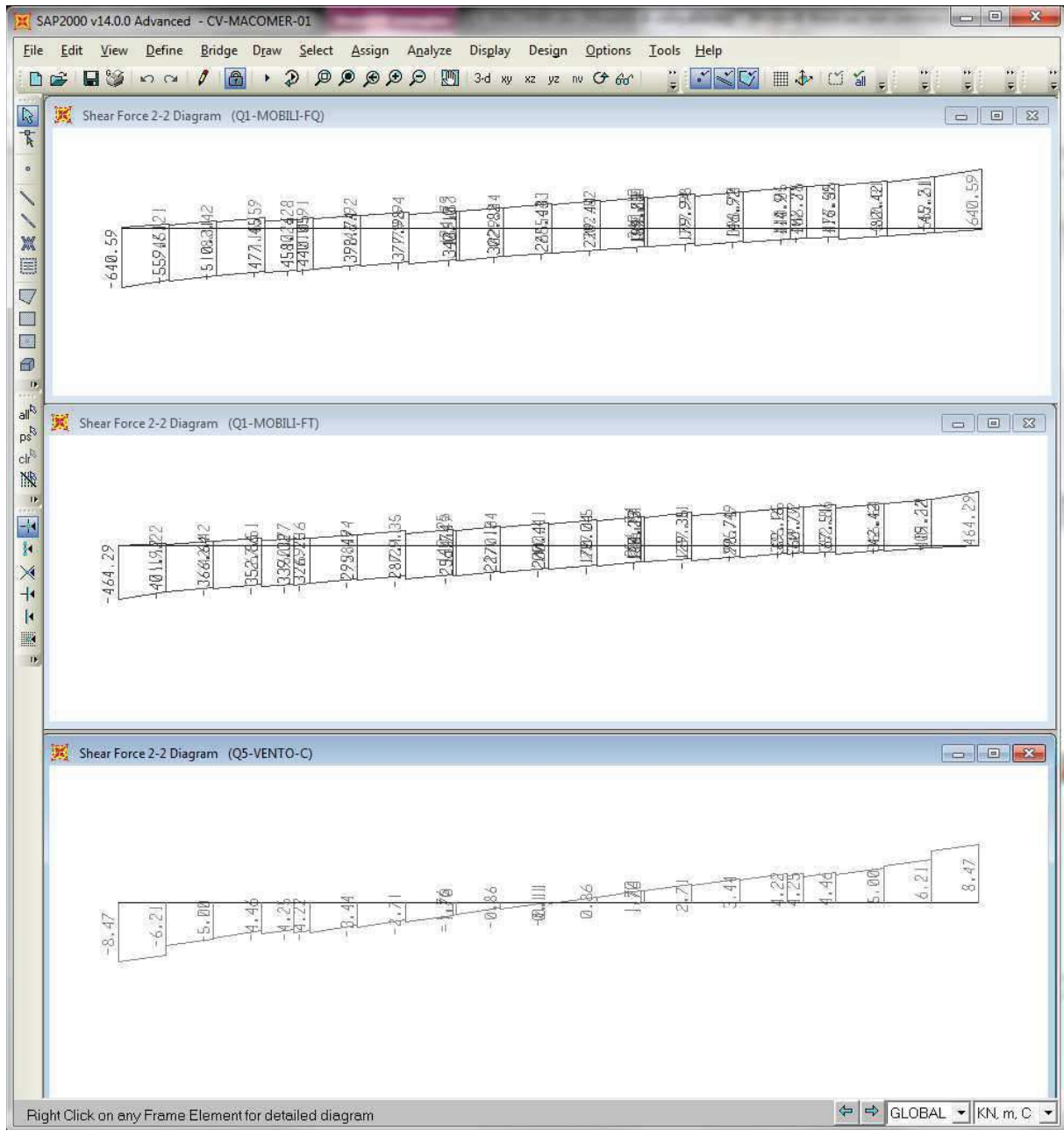


Figura 19: Taglio V22 – trave 1 – sollecitazioni elementari

## 7 VERIFICA TRAVI PRINCIPALI

Di seguito si riportano alcune verifiche dell'impalcato scelte tra quelle ritenute più esaustive.

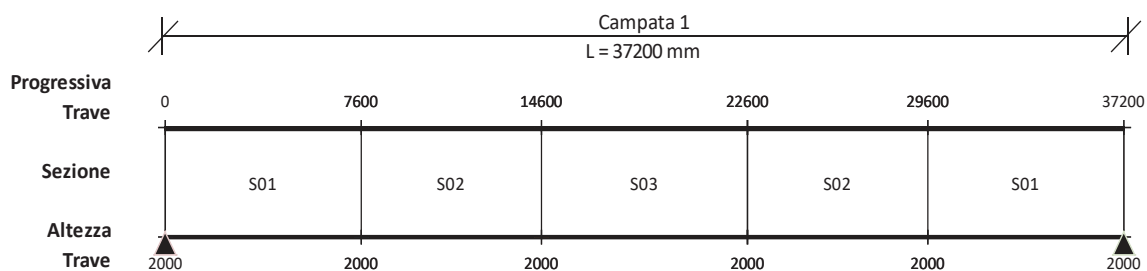
### 7.1 Descrizione delle sezioni e dei conci

Con riferimento alla numerazione dei conci illustrata in figura, si riporta di seguito una tabella con le sezioni di ogni concio di trave.

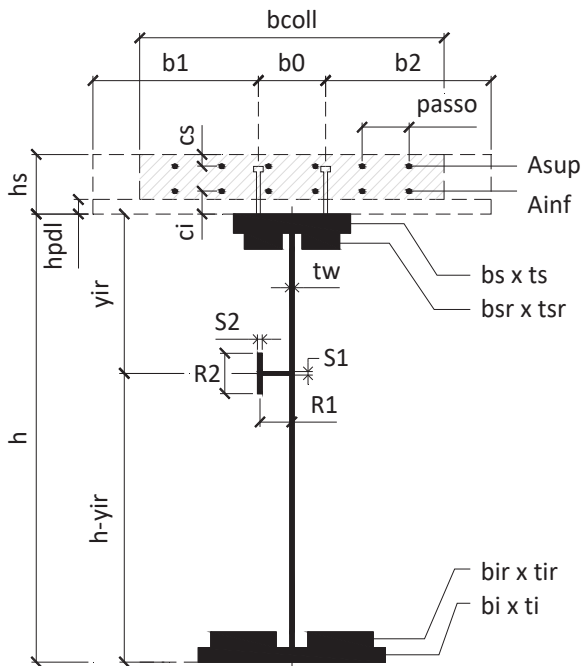
Dove:

- $b_i$  è la larghezza della piattabanda inferiore;
- $t_i$  è lo spessore della piattabanda inferiore;
- $b_{ir}$  è la larghezza dell'eventuale rinforzo di piattabanda inferiore;
- $t_{ir}$  è lo spessore dell'eventuale rinforzo di piattabanda inferiore;
- $t_w$  è lo spessore dell'anima;
- $b_{sr}$  è la larghezza dell'eventuale rinforzo di piattabanda superiore;
- $t_{sr}$  è lo spessore dell'eventuale rinforzo di piattabanda superiore;
- $b_s$  è la larghezza della piattabanda superiore;
- $t_s$  è lo spessore della piattabanda superiore;
- $h_s$  è lo spessore della soletta.

	S01	S02	S03
$b_i$	700	700	700
$t_i$	30	50	55
$b_{ir}$			
$t_{ir}$			
$t_w$	16	16	16
$b_{sr}$			
$t_{sr}$			
$b_s$	500	500	500
$t_s$	25	30	30
$h_s$	300	300	300



Si riportano di seguito le caratteristiche delle varie sezioni dove, con riferimento all'illustrazione seguente:



X ascissa elemento considerato

elem nome elemento considerato

Nodo nodo dell'elemento considerato

$b_1$ ;  $b_0$ ;  $b_2$ ;  $b_{coll}$  sono le porzioni (lunghezze) di soletta collaborante (vedi figura);

$A_{inf}$  è l'area di armatura inferiore presente in soletta;

$A_{sup}$  è l'area di armatura superiore presente in soletta;

passo è il passo dei ferri di armatura presente in soletta;

$c_i$ ;  $c_s$  sono i copriferri delle armature superiori e inferiori (distanza asse ferri di armatura dai lembi esterni di calcestruzzo);

Sez è la tipologia di sezione, definita nella tabella di cui sopra;

CLS 1 = presente soletta collaborante ai fini dell'analisi di cui alle NTC.

$A_w$  è l'interasse tra gli irrigidenti trasversali;

$h_{var}$  è l'altezza della trave;

$y_{irr-n}$  è la distanza dell'asse dell'irrigidente longitudinale n-esimo dall'estradosso della trave;

Le righe evidenziate in giallo sono relative ai nodi di appoggio pila.

X(mm)	elem	Nodo	Camp	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	b <sub>3</sub> (mm)	B <sub>col</sub> (mm)	A <sub>inf</sub> (mmq)	A <sub>sup</sub> (mmq)	passo(mm)	c(mm)	c <sub>1</sub> (mm)	Sez	CLS	A <sub>sp</sub> (mm)	H <sub>max</sub>	Y <sub>v1</sub> (mm)	Y <sub>v2</sub> (mm)	Y <sub>v3</sub> (mm)	Y <sub>v4</sub> (mm)	Y <sub>v5</sub> (mm)
0	T1-1	268	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
2070	T1-1	271	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
2070	T1-2	271	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
4130	T1-2	274	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
4130	T1-3	274	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
6200	T1-3	277	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
6200	T1-4	277	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
7600	T1-4	280	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
7600	T1-5	280	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
8270	T1-5	283	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
8270	T1-6	283	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
10330	T1-6	286	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
10330	T1-7	286	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
12400	T1-7	289	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
12400	T1-8	289	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
14470	T1-8	292	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
14470	T1-9	292	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
14600	T1-9	295	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
14600	T1-10	295	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S03	1	2070	3000					
16530	T1-10	298	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S03	1	2070	3000					
16530	T1-11	298	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S03	1	2070	3000					
18600	T1-11	301	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S03	1	2070	3000					
18600	T1-12	301	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S03	1	2070	3000					
20670	T1-12	304	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S03	1	2070	3000					
20670	T1-13	304	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S03	1	2070	3000					
22600	T1-13	307	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S03	1	2070	3000					
22600	T1-14	307	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
22730	T1-14	310	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
22730	T1-15	310	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
24800	T1-15	313	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
24800	T1-16	313	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
26870	T1-16	316	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
26870	T1-17	316	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
28930	T1-17	358	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
28930	T1-18	358	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
29600	T1-18	361	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S02	1	2070	3000					
29600	T1-19	361	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
31000	T1-19	364	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
31000	T1-20	364	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
33070	T1-20	367	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
33070	T1-21	367	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
35130	T1-21	370	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
35130	T1-22	370	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					
37200	T1-22	373	1	1800	400	1425	3625	113	113	200	80	50	S01	1	2070	3000					



## 7.2 Caratteristiche di inerzia delle sezioni lorde

Si riportano di seguito le caratteristiche inerziali delle sezioni lorde degli elementi mostrati in Figura 21, con riferimento alle quattro diverse configurazioni:

1. Sola trave acciaio: si considera la sola trave di acciaio;
2. Trave in acciaio più soletta collaborante a tempo infinito;
3. Trave in acciaio più soletta collaborante a tempo  $t_0$ ;
4. Trave in acciaio + armatura della soletta.

Ove i coefficienti di omogeneizzazione della soletta sono stati calcolati come:

$$t_{\text{inf}} = \frac{E_{\text{acc}}}{E_{c,\text{rid}}}; \quad t_0 = \frac{E_{\text{acc}}}{E_c}$$

Con:

$$E_{c,\text{rid}} = \frac{E_c}{(1 + \chi\phi)^i}; \quad E_c = 22000 \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$$

Ove:

$$\chi = 0.8$$

$$\phi = 1.872$$

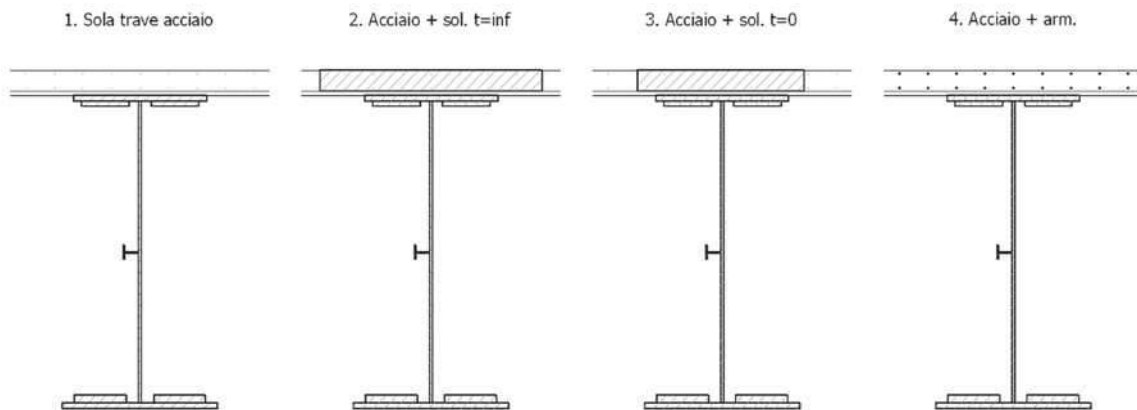


Figura 20: Configurazioni di calcolo

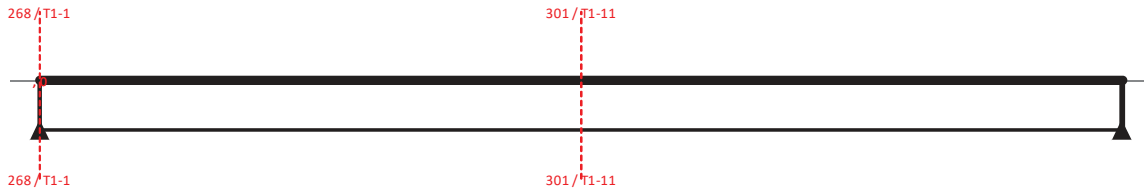
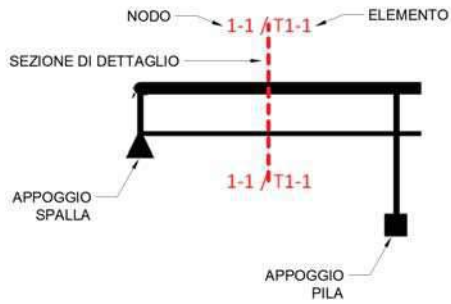
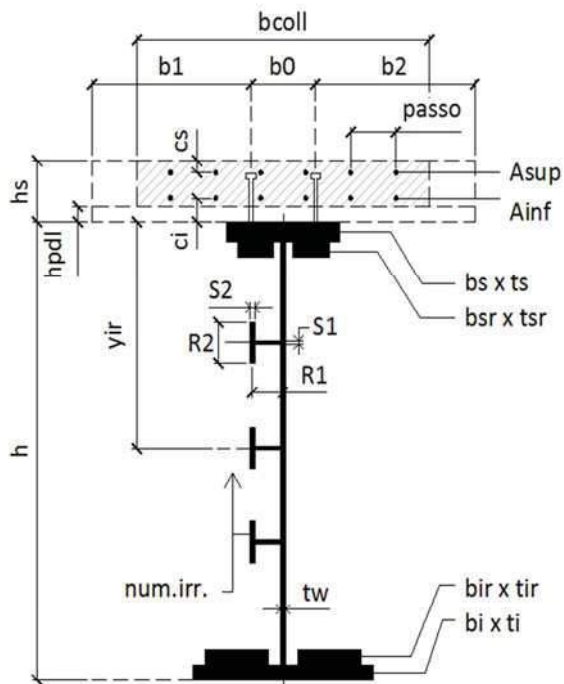


Figura 21: Sezioni di dettaglio



CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI LORDE

X (mm)	0	b <sub>1</sub> (mm)	700
Asta N.	T1-1	t <sub>1</sub> (mm)	30
Nodo	268	b <sub>v</sub> (mm)	
Campata	1	t <sub>r</sub> (mm)	
b <sub>1</sub> (mm)	1800	t <sub>w</sub> (mm)	16
b <sub>0</sub> (mm)	400	b <sub>sr</sub> (mm)	
b <sub>2</sub> (mm)	1425	t <sub>sr</sub> (mm)	
B <sub>coll</sub> (mm)	3625	b <sub>s</sub> (mm)	500
A <sub>inf</sub> (mmq)	113	t <sub>s</sub> (mm)	25
A <sub>sup</sub> (mmq)	113	h (mm)	2000
passo (mm)	200	num. irr./tipo	-
c <sub>1</sub> (mm)	80	Air (mmq)	-
c <sub>2</sub> (mm)	50	R1 (mm)	-
Sez Tipo	S01	S1 (mm)	-
Cls analisi	1	R2 (mm)	-
Posizione	1	S2 (mm)	-

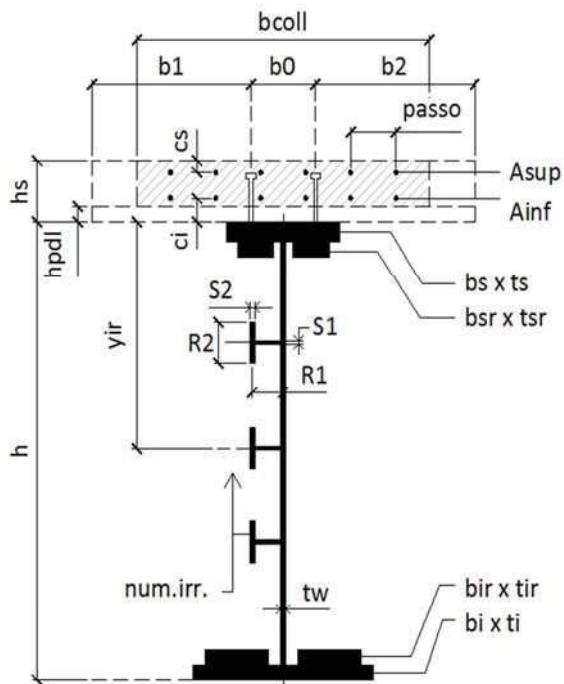


Grandezza	UM	Descrizione	Sola trave acciaio	Acciaio + sol. t=inf	Acciaio + sol. t=0	Acciaio + arm.
n	-	Coeff.di omog. acciaio-clt	-	15.729	6.298	-
A	mm <sup>2</sup>	Area sezione omog.	64620	121723	201107	68716
AR	mm <sup>2</sup>	Area di ritiro CLS	-	833750	833750	833750
Y <sub>inf</sub>	mm	Pos.inf baricentro	872	1487	1763	949
Y <sub>sup</sub>	mm	Pos.sup baricentro	1128	813	537	1351
J	mm <sup>4</sup>	Mom.inerzia sezione	41320533412	93723227598	1.17459E+11	47782985727
A <sub>T</sub>	mm <sup>2</sup>	Area di taglio	31120	31120	31120	31120
W <sub>pl</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.platt.inf.	47379282	63013481	66634377	50347004
W <sub>w</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.anima inf.	49067134	64310631	67788062	51990197
W <sub>ws</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.anima sup.	37466110	192194433	553363642	46586688
W <sub>ps</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.piatt.sup.	36635654	182821802	495056754	45478333
W <sub>cl/n</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.cls inf.	-	160857380	382274134	42637986
W <sub>ri</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.arm.inf.	-	158143165	370225025	42260928
W <sub>ss</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.arm.sup.	-	122891858	241058228	36737931
W <sub>cl/n</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.cls sup.	-	115330659	218624332	35378081
S/J *	mm <sup>-1</sup>	S/J per calcolo connettori	-	0.00042419	0.00048997	0.00010421

(\*) per il calcolo dei connettori si utilizza sempre il valore S/J calcolato con soletta omogeneizzata a tempo 0

CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI LORDE

X (mm)	18600	b <sub>1</sub> (mm)	700
Asta N.	T1-11	t <sub>1</sub> (mm)	55
Nodo	301	b <sub>r</sub> (mm)	
Campata	1	t <sub>r</sub> (mm)	
b <sub>1</sub> (mm)	1800	t <sub>w</sub> (mm)	16
b <sub>0</sub> (mm)	400	b <sub>sr</sub> (mm)	
b <sub>2</sub> (mm)	1425	t <sub>sr</sub> (mm)	
B <sub>coll</sub> (mm)	3625	b <sub>s</sub> (mm)	500
A <sub>inf</sub> (mmq)	113	t <sub>s</sub> (mm)	30
A <sub>sup</sub> (mmq)	113	h (mm)	2000
passo (mm)	200	num. irr./tipo	-
c <sub>1</sub> (mm)	80	Air (mmq)	-
c <sub>2</sub> (mm)	50	R1 (mm)	-
Sez Tipo	S03	S1 (mm)	-
Cls analisi	1	R2 (mm)	-
Posizione	22	S2 (mm)	-



Grandezza	UM	Descrizione	Sola trave acciaio	Acciaio + sol. t=inf	Acciaio + sol. t=0	Acciaio + arm.
n	-	Coeff. di omog. acciaio-clt	-	15.729	6.298	-
A	mm <sup>2</sup>	Area sezione omog.	84140	141243	220627	88236
AR	mm <sup>2</sup>	Area di ritiro CLS	-	833750	833750	833750
Y <sub>inf</sub>	mm	Pos. inf baricentro	735	1321	1632	802
Y <sub>sup</sub>	mm	Pos. sup baricentro	1265	979	668	1498
J	mm <sup>4</sup>	Mom. inerzia sezione	54442862887	1.26071E+11	1.64381E+11	62458176955
A <sub>T</sub>	mm <sup>2</sup>	Area di taglio	30640	30640	30640	30640
W <sub>pl</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. platt. inf.	74055337	95454667	100741651	77922447
W <sub>we</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. anima inf.	80043658	99602446	104255802	83663223
W <sub>ws</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. anima sup.	44089166	194175928	485914486	53453543
W <sub>ps</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. piatt. sup.	43043437	185600016	446333294	52115484
W <sub>cl</sub> /n	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. cls inf.	-	168260250	375049005	49239483
W <sub>cl</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. arm. inf.	-	166044143	366682827	48854336
W <sub>ss</sub>	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. arm. sup.	-	135667833	265863012	43120485
W <sub>cl</sub> /n	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. cls sup.	-	128740777	245971780	41681656
S/J *	mm <sup>-1</sup>	S/J per calcolo connettori	-	0.00039081	0.0004589	0.00008942

(\*) per il calcolo dei connettori si utilizza sempre il valore S/J calcolato con soletta omogeneizzata a tempo 0

### 7.3 Caratteristiche di inerzia delle sezioni efficaci

Il calcolo delle inerzie efficaci è stato effettuato come riportato in C.4.2.61 della norma considerando gli effetti separati della flessione e dello sforzo normale. Ciò al fine di evitare le iterazioni necessarie per giungere ai valori finali di tensione.

L'eventuale presenza dell'irrigiditore longitudinale è tenuta in conto attraverso il calcolo della  $A_{c,eff,loc}$  (C.4.2.66) in cui le zone soggette a compressione contribuiscono all'inerzia totale della sezione in misura ridotta come diffusamente riportato dalla stessa norma.

### 7.4 Stati Limite Ultimi

#### 7.4.1 Sollecitazioni, tensioni, scorrimenti

Si riportano, per le sezioni di cui al paragrafo 7.2, i risultati delle tensioni, in termini di tensioni efficaci, per le varie combinazioni agli stati limite ultimi, con riferimento alle quattro configurazioni illustrate al medesimo paragrafo.

Per convenzione, le sollecitazioni di compressione sono riportate con segno negativo e le sollecitazioni di trazione sono riportate con segno positivo; i momenti flettenti si intendono positivi se tendono le fibre inferiori.

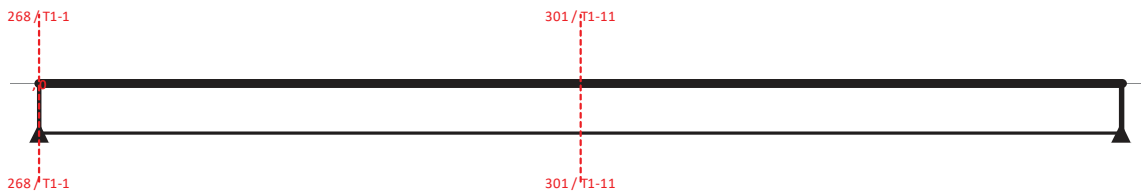
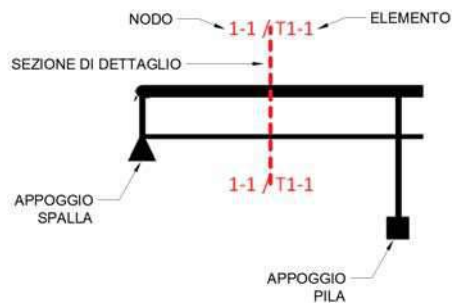


Figura 22: Sezioni di dettaglio



**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-1

Nodo

268

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{cm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
			NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)
SLU_TRAVE	1	0.77	-32	-839	-28	-4664	-398	5925	-34	36	25	-	-	-	7	-1201	2593
SLU_TRAVE	2	0.78	-32	-839	-28	-4664	-398	5925	-42	-1412	-33	-	-	-	-24	-2649	2573
SLU_TRAVE	3	0.76	-32	-839	-28	-4664	-398	5925	-35	-461	31	-	-	-	10	-1698	2596
SLU_TRAVE	4	0.79	-32	-839	-28	-4664	-398	5925	-46	-971	-68	-	-	-	-42	-2208	2561
SLU_TRAVE	5	0.76	-32	-839	-28	-4664	-398	5925	-40	36	20	-	-	-	3	-1201	2592
SLU_TRAVE	6	0.78	-32	-839	-28	-4664	-398	5925	-48	-1412	-38	-	-	-	-28	-2649	2571
SLU_TRAVE	7	0.76	-32	-839	-28	-4664	-398	5925	-41	-461	26	-	-	-	6	-1698	2594
SLU_TRAVE	8	0.79	-32	-839	-28	-4664	-398	5925	-52	-971	-74	-	-	-	-47	-2208	2559
SLU_TRAVE	9	-0.04	-32	-839	-28	-6	-398	-6	-34	36	25	-	-	-	-36	-1201	-22
SLU_TRAVE	10	-0.02	-32	-839	-28	-6	-398	-6	-42	-1412	-33	-	-	-	-67	-2649	-42
SLU_TRAVE	11	-0.04	-32	-839	-28	-6	-398	-6	-35	-461	31	-	-	-	-34	-1698	-20
SLU_TRAVE	12	-0.01	-32	-839	-28	-6	-398	-6	-46	-971	-68	-	-	-	-86	-2208	-54
SLU_TRAVE	13	-0.04	-32	-839	-28	-6	-398	-6	-40	36	20	-	-	-	-41	-1201	-23
SLU_TRAVE	14	-0.02	-32	-839	-28	-6	-398	-6	-48	-1412	-38	-	-	-	-72	-2649	-44
SLU_TRAVE	15	-0.04	-32	-839	-28	-6	-398	-6	-41	-461	26	-	-	-	-38	-1698	-21
SLU_TRAVE	16	-0.01	-32	-839	-28	-6	-398	-6	-52	-971	-74	-	-	-	-90	-2208	-56

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-1

Sezione

S01

Valori calcolati con inerzie EFFICACI

Nodo

268

Posizione

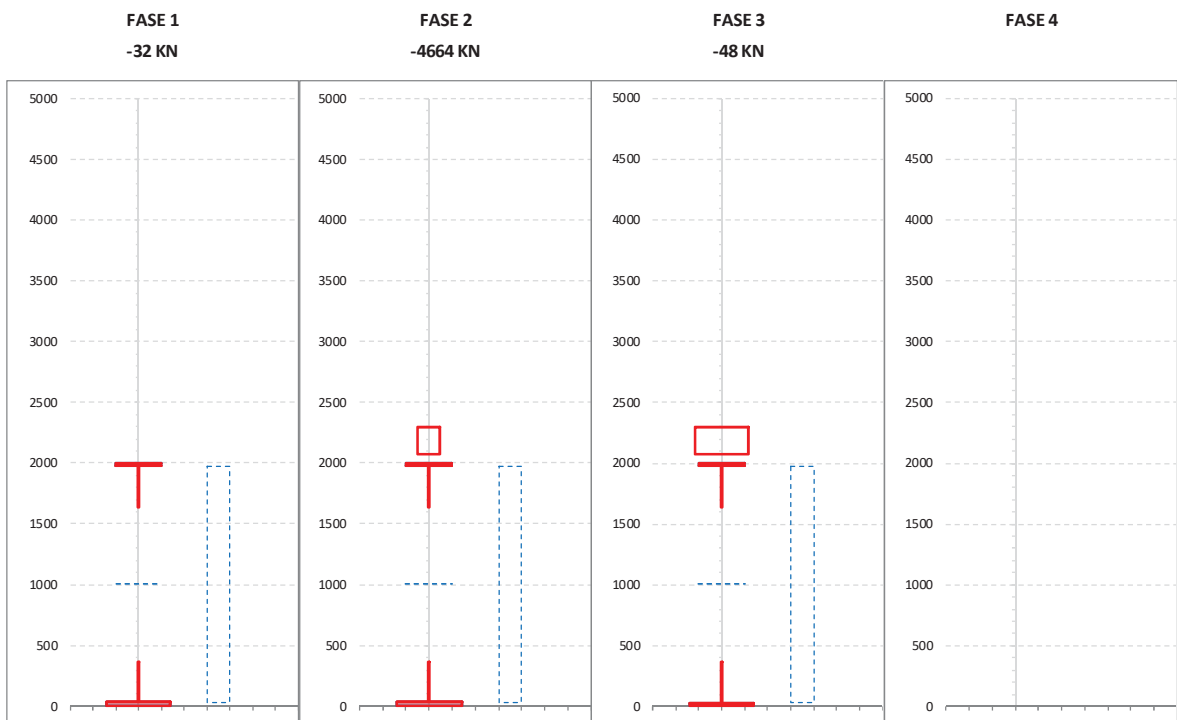
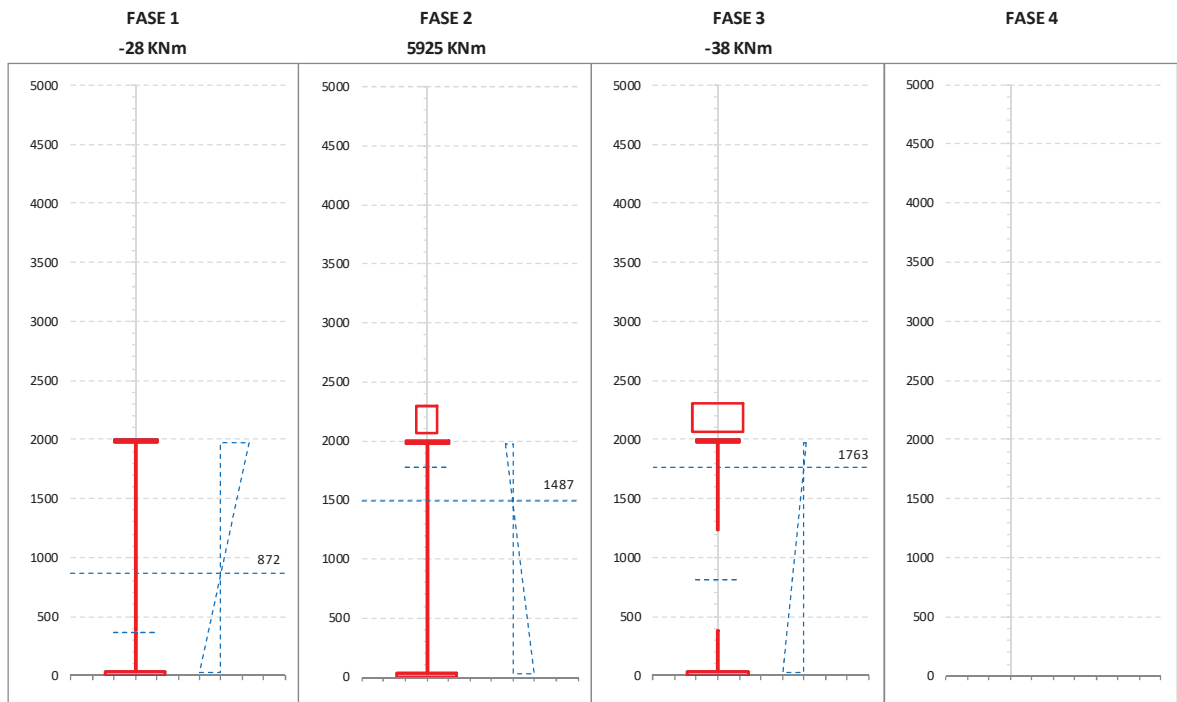
1

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	1	-26.97	-12.79	1.16			-38.61	46.53
		MIN	14	-26.97	-12.79	-45.37			-85.13	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	3	-1.30	48.03	0.27			47.00	50.07
		MIN	16	-1.30	-0.18	-1.60			-3.07	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	6	46.73	51.18	78.59			176.50	105.61
		MIN	13	46.73	22.16	2.01			70.89	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	6	46.71	79.96	78.59			205.26	134.37
		MIN	9	46.71	22.16	2.02			70.89	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	0.04	-0.03	-0.15			-0.14	78.51
		MIN	7	0.04	-78.41	-0.28			-78.64	
$\sigma_{di}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	4		-5.27	-0.02		5.58	0.30	0.35
		MIN	15		0.00	-0.05			-0.05	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.71	-0.03	-0.09			-0.83	83.64
		MIN	7	-0.71	-83.47	-0.29			-84.47	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.71	-0.01	0.02			-0.71	94.55
		MIN	7	-0.71	-94.21	-0.33			-95.26	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12		0.00	0.01			0.01	0.67
		MIN	7		-6.19	-0.05		5.58	-0.66	
Q (KN/m)	SLU_TRAVE	MAX	1		-195.09	17.64			-177.45	665.49
		MIN	14		-185.42	-657.52			-842.94	
$w_d$ (mm)	SLU_TRAVE	MAX	1							
		MIN	1							



**CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI EFFICACI**

Asta N.	T1-1	Sezione	S01	Num.CMB	6	h(mm)	hw(mm)	ts(mm)	ti(mm)	tw(mm)
Nodo	268	Pos.	1			2000	1945	25	30	16



ASTA T1-1 - NODO 268 - Comb. 6		u. m.	CALCOLO FORATURA PANNELLI																	
			MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE													
			FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4										
PANNELLO 1	b <sub>pan</sub>	[mm]	1945	1945	1945		1945	1945	1945											
	y <sub>S pan</sub>	[mm]	25	25	25		25	25	25											
	yl <sub>S pan</sub>	[mm]	1970	1970	1970		1970	1970	1970											
	ψ	[-]	-1.310	-2.989	-0.123		1.000	1.000	1.000											
	b <sub>c</sub>	[mm]	842	488	1733		1945	1945	1945											
	b <sub>t</sub>	[mm]	1103	1457	212		0	0	0											
	b <sub>eff</sub>	[mm]	814	488	887		678	678	678											
	λ <sub>p</sub>	[-]	0.931	0.539	1.781		2.630	2.630	2.630											
	ρ	[-]	0.966	1.000	0.512		0.348	0.348	0.348											
	K <sub>c</sub>	[-]	31.900	95.132	8.727		4.000	4.000	4.000											
	b <sub>ei</sub>	[mm]	326	1750	355		339	339	339											
	b <sub>es</sub>	[mm]	1591	195	744		339	339	339											
	b <sub>ei_L</sub>	[mm]	337	1750	693		973	973	973											
	b <sub>es_L</sub>	[mm]	1608	195	1252		973	973	973											
	y <sub>foro</sub>	[mm]	370	1780	808		1003	1003	1003											
	b <sub>foro</sub>	[mm]	28	0	846		1267	1267	1267											
	PANNELLO 2	b <sub>pan</sub>	[mm]																	
		y <sub>S pan</sub>	[mm]																	
yl <sub>S pan</sub>		[mm]																		
ψ		[-]																		
b <sub>c</sub>		[mm]																		
b <sub>t</sub>		[mm]																		
b <sub>eff</sub>		[mm]																		
λ <sub>p</sub>		[-]																		
ρ		[-]																		
K <sub>c</sub>		[-]																		
b <sub>ei</sub>		[mm]																		
b <sub>es</sub>		[mm]																		
b <sub>ei_L</sub>		[mm]																		
b <sub>es_L</sub>		[mm]																		
y <sub>foro</sub>		[mm]																		
b <sub>foro</sub>		[mm]																		
PANNELLO 3		b <sub>pan</sub>	[mm]																	
		y <sub>S pan</sub>	[mm]																	
	yl <sub>S pan</sub>	[mm]																		
	ψ	[-]																		
	b <sub>c</sub>	[mm]																		
	b <sub>t</sub>	[mm]																		
	b <sub>eff</sub>	[mm]																		
	λ <sub>p</sub>	[-]																		
	ρ	[-]																		
	K <sub>c</sub>	[-]																		
	b <sub>ei</sub>	[mm]																		
	b <sub>es</sub>	[mm]																		
	b <sub>ei_L</sub>	[mm]																		
	b <sub>es_L</sub>	[mm]																		
	y <sub>foro</sub>	[mm]																		
	b <sub>foro</sub>	[mm]																		
	PANNELLO 4	b <sub>pan</sub>	[mm]																	
		y <sub>S pan</sub>	[mm]																	
yl <sub>S pan</sub>		[mm]																		
ψ		[-]																		
b <sub>c</sub>		[mm]																		
b <sub>t</sub>		[mm]																		
b <sub>eff</sub>		[mm]																		
λ <sub>p</sub>		[-]																		
ρ		[-]																		
K <sub>c</sub>		[-]																		
b <sub>ei</sub>		[mm]																		
b <sub>es</sub>		[mm]																		
b <sub>ei_L</sub>		[mm]																		
b <sub>es_L</sub>		[mm]																		
y <sub>foro</sub>		[mm]																		
b <sub>foro</sub>		[mm]																		
PANNELLO 5		b <sub>pan</sub>	[mm]																	
		y <sub>S pan</sub>	[mm]																	
	yl <sub>S pan</sub>	[mm]																		
	ψ	[-]																		
	b <sub>c</sub>	[mm]																		
	b <sub>t</sub>	[mm]																		
	b <sub>eff</sub>	[mm]																		
	λ <sub>p</sub>	[-]																		
	ρ	[-]																		
	K <sub>c</sub>	[-]																		
	b <sub>ei</sub>	[mm]																		
	b <sub>es</sub>	[mm]																		
	b <sub>ei_L</sub>	[mm]																		
	b <sub>es_L</sub>	[mm]																		
	y <sub>foro</sub>	[mm]																		
	b <sub>foro</sub>	[mm]																		

ASTA T1-1 - NODO 268 - Comb. 6		u.m.	CALCOLO FORATURA PANNELLI								
			MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE				
			FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	
PANNELLO 6		$b_{pan}$ [mm]									
		$y_{S_{pan}}$ [mm]									
		$y_{I_{S_{pan}}}$ [mm]									
		$\psi$ [-]									
		$b_c$ [mm]									
		$b_t$ [mm]									
		$b_{eff}$ [mm]									
		$\lambda_p$ [-]									
		$\rho$ [-]									
		$K_c$ [-]									
		$b_{ei}$ [mm]									
		$b_{es}$ [mm]									
		$b_{ei\_L}$ [mm]									
		$b_{es\_L}$ [mm]									
$y_{foro}$ [mm]											
$b_{foro}$ [mm]											
AREA COMPRESSA LOCALE	$y_{S_{loc}}$ [mm]		384	1780	1231		1636	1636	1636		
	$y_{I_{loc}}$ [mm]		356	1780	385		369	369	369		
	$y_{S_{asse}}$ [mm]		370	1780	808		1003	1003	1003		
	$y_{I_{asse}}$ [mm]		370	1780	808		1003	1003	1003		

ASTA T1-1 - NODO 268 - Comb. 6		u.m.	CALCOLO TENSIONI CRITICHE DI PIASTRA								
			MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE				
			FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	
SITUAZIONE PER MAX 2 IRRIGIDITORI IN ZONA COMPRESSA	PRIMO IRRIGIDITORE IN ZONA COMPRESSA	$a_p$ [mm]									
		$b_1$ [mm]									
		$b_2$ [mm]									
		$A_{irr\_L}$ [mm <sup>2</sup> ]									
		$J_{irr\_L}$ [mm <sup>4</sup> ]									
		$m_{ocr}$ [-]									
		$a_c$ [mm]									
		$\sigma_{crit\_p}$ [N/mm <sup>2</sup> ]									
	SECONDO IRRIGIDITORE IN ZONA COMPRESSA	$a_p$ [mm]									
		$b_1$ [mm]									
		$b_2$ [mm]									
		$A_{irr\_L}$ [mm <sup>2</sup> ]									
		$J_{irr\_L}$ [mm <sup>4</sup> ]									
		$m_{ocr}$ [-]									
		$a_c$ [mm]									
		$\sigma_{crit\_p}$ [N/mm <sup>2</sup> ]									
	IRRIGIDITORE LUMPED SE N.2	$a_p$ [mm]									
		$b_1$ [mm]									
		$b_2$ [mm]									
		$A_{irr\_L}$ [mm <sup>2</sup> ]									
		$J_{irr\_L}$ [mm <sup>4</sup> ]									
		$m_{ocr}$ [-]									
		$a_c$ [mm]									
		$\sigma_{crit\_p}$ [N/mm <sup>2</sup> ]									
SITUAZIONE PER PIU' DI TRE IRRIGIDITORI IN ZONA COMPRESSA	$b$ [mm]										
	$a$ [mm]										
	$t_w$ [mm]										
	$\psi_{plate}$ [-]										
	$\alpha_1$ [-]										
	$J_{plate\_L}$ [mm <sup>4</sup> ]										
	$\gamma$ [-]										
	$A_{irr\_tot\_L}$ [mm <sup>2</sup> ]										
	$\delta$ [-]										
	$K_{\sigma\_p}$ [-]										
	$\sigma_{crit\_p}$ [N/mm <sup>2</sup> ]										
	$\sigma_{crit\_p}$ [N/mm <sup>2</sup> ]										

ASTA T1-1 - NODO 268 - Comb. 6			CALCOLO TENSIONI CRITICHE DI COLONNA								
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
IRRIGIDITORE MAGGIORMENTE COMPRESSO	$y_{irr}$	[mm]									
	$m_{ocr}$	[-]									
	$A_{irr\_L}$	[mm <sup>2</sup> ]									
	$J_{irr\_L}$	[mm <sup>4</sup> ]									
	$\alpha_e$	[-]									
	$A_{irr\_E}$	[mm <sup>2</sup> ]									
	$\lambda_c$	[-]									
	$\phi$	[-]									
	$\chi_c$	[-]									
$\sigma_{crit\_c}$	[N/mm <sup>2</sup> ]										

			CALCOLO COEFFICIENTE $\rho_c$ ANIMA ED IRRIGIDITORI COMPRESSI								
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
	$\psi_{plate}$	[-]									
	$A_{eff\_loc}$	[mm <sup>2</sup> ]									
	$A_{c\_loc}$	[mm <sup>2</sup> ]									
	$\beta$	[-]									
	$\lambda_p$	[-]									
	$\rho_p$	[-]									
	$\xi$	[-]									
	$\rho/\rho_c$	[-]	0.966	1.000	0.512		0.348	0.348	0.348		

			CALCOLO $\rho$ PIATTABANDE								
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
	$\rho_{p\_sup}$	[-]					1.000				
	$\rho_{p\_inf}$	[-]	0.997		0.997		0.997	0.997	0.997		

			CARATTERISTICHE DI INERZIA UTILIZZATE PER IL CALCOLO DELLE TENSIONI EFFICACI								
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
Coeff.di omog.	n	-		15.73	6.30			15.73	6.30		
Area sezione omog.	A	[mm <sup>2</sup> ]					44280	101383	180767		
Pos.inf baricentro	$Y_{inf}$	[mm]	876	1487	1832						
Pos.sup baricentro	$Y_{sup}$	[mm]	1124	813	468						
Mom.inerzia sezione	J	[mm <sup>4</sup> ]	4.12E+10	9.37E+10	1.03E+11						
Modulo di res.piatt.inf.	$W_{pi}$	[mm <sup>3</sup> ]	4.70E+07	6.30E+07	5.63E+07						
Modulo di res.anima inf.	$W_{wi}$	[mm <sup>3</sup> ]	4.86E+07	6.43E+07	5.73E+07						
Modulo di res.anima sup.	$W_{ws}$	[mm <sup>3</sup> ]	3.75E+07	1.92E+08	7.23E+08						
Modulo di res.piatt.sup.	$W_{ps}$	[mm <sup>3</sup> ]	3.66E+07	1.83E+08	6.15E+08						
Modulo di res.cls inf.	$W_{ci}/n$	[mm <sup>3</sup> ]		1.61E+08	4.34E+08						
Modulo di res.arm.inf.	$W_{si}$	[mm <sup>3</sup> ]		1.58E+08	4.17E+08						
Modulo di res.arm.sup.	$W_{ss}$	[mm <sup>3</sup> ]		1.23E+08	2.47E+08						
Modulo di res.cls sup.	$W_{cs}/n$	[mm <sup>3</sup> ]		1.15E+08	2.21E+08						
S/J per calcolo connettori	S/J	[mm <sup>-1</sup> ]		4.24E-04	4.66E-04						

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-11

Nodo

301

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{cm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
			NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)
SLU_TRAVE	1	-4.15	-32	1	7843	-4664	7	10038	-94	548	8080	-	-	-	3302	556	14971
SLU_TRAVE	2	-4.53	-32	1	7843	-4664	7	10038	-95	-538	8969	-	-	-	3613	-529	15271
SLU_TRAVE	3	-5.66	-32	1	7843	-4664	7	10038	-97	-175	11646	-	-	-	4552	-166	16172
SLU_TRAVE	4	-0.66	-32	1	7843	-4664	7	10038	-87	8	-166	-	-	-	411	16	12183
SLU_TRAVE	5	-4.15	-32	1	7843	-4664	7	10038	-100	548	8075	-	-	-	3298	556	14970
SLU_TRAVE	6	-4.53	-32	1	7843	-4664	7	10038	-101	-538	8965	-	-	-	3610	-529	15269
SLU_TRAVE	7	-5.66	-32	1	7843	-4664	7	10038	-103	-175	11642	-	-	-	4549	-166	16171
SLU_TRAVE	8	-0.66	-32	1	7843	-4664	7	10038	-93	8	-170	-	-	-	408	16	12181
SLU_TRAVE	9	-4.86	-32	1	7843	-6	7	3602	-94	548	8080	-	-	-	3846	556	12145
SLU_TRAVE	10	-5.24	-32	1	7843	-6	7	3602	-95	-538	8969	-	-	-	4158	-529	12445
SLU_TRAVE	11	-6.37	-32	1	7843	-6	7	3602	-97	-175	11646	-	-	-	5096	-166	13346
SLU_TRAVE	12	-1.37	-32	1	7843	-6	7	3602	-87	8	-166	-	-	-	955	16	9357
SLU_TRAVE	13	-4.86	-32	1	7843	-6	7	3602	-100	548	8075	-	-	-	3842	556	12144
SLU_TRAVE	14	-5.24	-32	1	7843	-6	7	3602	-101	-538	8965	-	-	-	4154	-529	12443
SLU_TRAVE	15	-6.37	-32	1	7843	-6	7	3602	-103	-175	11642	-	-	-	5093	-166	13345
SLU_TRAVE	16	-1.37	-32	1	7843	-6	7	3602	-93	8	-170	-	-	-	952	16	9355

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-11

Sezione

S03

Valori calcolati con inerzie EFFICACI

Nodo

301

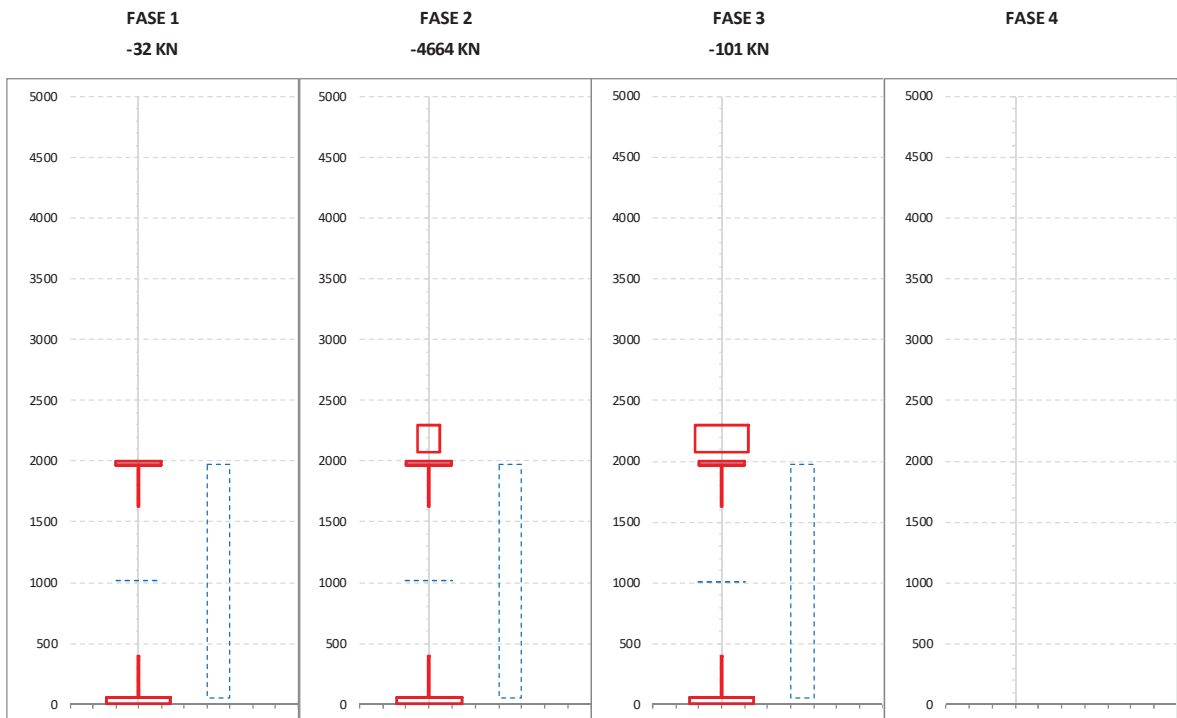
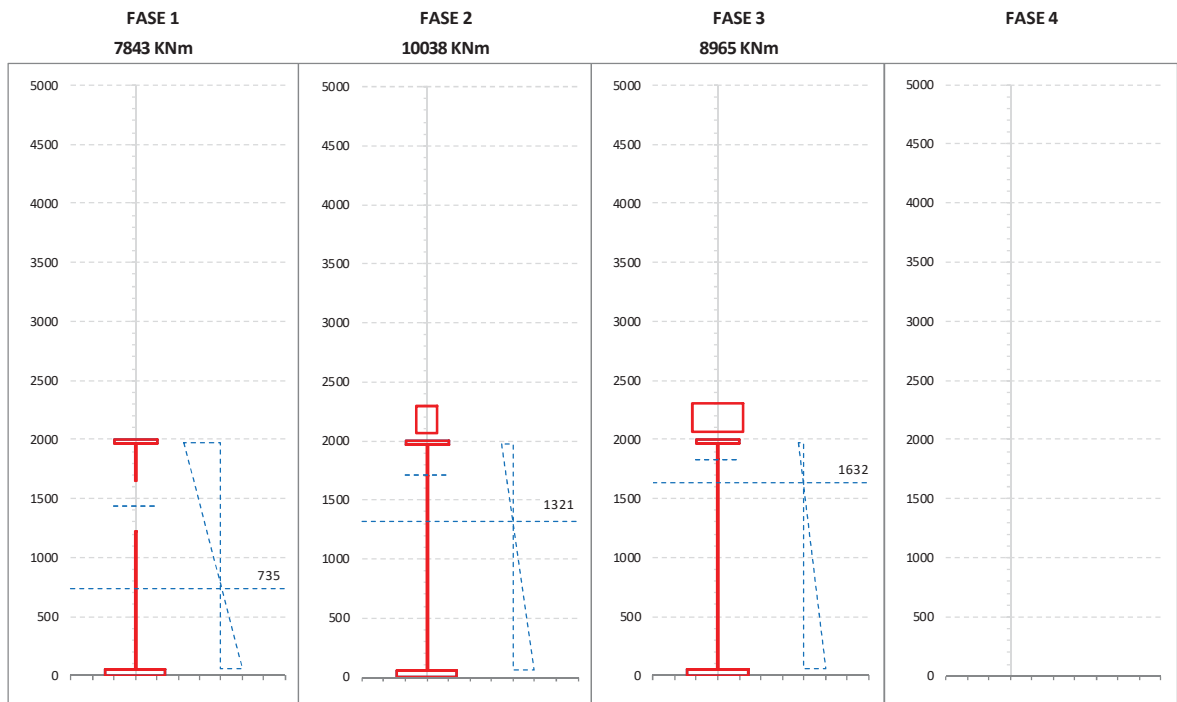
Posizione

22

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	1	0.04	0.24	17.87			18.16	35.42
		MIN	14	0.04	0.24	-17.55			-17.27	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	3	103.68	66.75	115.12			285.56	146.50
		MIN	16	103.68	37.68	-2.31			139.05	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	3	95.18	62.38	111.67			269.22	135.71
		MIN	12	95.18	36.11	2.21			133.51	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	6	200.80	90.10	35.82			326.73	106.87
		MIN	12	200.80	18.61	0.44			219.85	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-205.44	-19.46	-0.09			-224.99	99.54
		MIN	7	-205.44	-92.49	-26.60			-324.52	
$\sigma_{di}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	4		-6.23	0.00		5.58	-0.66	5.72
		MIN	15		-1.36	-5.01			-6.37	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.49	-21.75	0.00			-22.24	109.37
		MIN	7	-0.49	-98.86	-32.26			-131.61	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.49	-26.60	0.18			-26.92	130.27
		MIN	7	-0.49	-112.39	-44.30			-157.19	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12		-1.78	0.04			-1.75	7.67
		MIN	7		-7.40	-7.60		5.58	-9.42	
Q (KN/m)	SLU_TRAVE	MAX	1		3.40	251.32			254.72	498.10
		MIN	14		3.40	-246.79			-243.39	
$w_d$ (mm)	SLU_TRAVE	MAX	1							
		MIN	1							

**CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI EFFICACI**

Asta N.	T1-11	Sezione	S03	Num.CMB	6	h(mm)	hw(mm)	ts(mm)	ti(mm)	tw(mm)
Nodo	301	Pos.	22			2000	1915	30	55	16





ASTA T1-11 - NODO 301 - Comb. 6		u.m.	CALCOLO FORATURA PANNELLI								
			MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE				
			FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	
PANNELLO 1	b <sub>pan</sub>	[mm]	1915	1915			1915	1915	1915		
	y <sub>S pan</sub>	[mm]	30	30			30	30	30		
	yl <sub>S pan</sub>	[mm]	1945	1945			1945	1945	1945		
	ψ	[-]	-0.551	-1.950			1.000	1.000	1.000		
	b <sub>c</sub>	[mm]	1235	649			1915	1915	1915		
	b <sub>t</sub>	[mm]	680	1266			0	0	0		
	b <sub>eff</sub>	[mm]	811	649			677	677	677		
	λ <sub>p</sub>	[-]	1.373	0.718			2.590	2.590	2.590		
	ρ	[-]	0.657	1.000			0.353	0.353	0.353		
	K <sub>c</sub>	[-]	14.242	52.024			4.000	4.000	4.000		
	b <sub>ei</sub>	[mm]	1167	1655			338	338	338		
	b <sub>es</sub>	[mm]	325	260			338	338	338		
	b <sub>ei_L</sub>	[mm]	1421	1655			958	958	958		
	b <sub>es_L</sub>	[mm]	494	260			958	958	958		
	y <sub>foro</sub>	[mm]	1434	1710			1013	1013	1013		
	b <sub>foro</sub>	[mm]	423	0			1238	1238	1238		
PANNELLO 2	b <sub>pan</sub>	[mm]									
	y <sub>S pan</sub>	[mm]									
	yl <sub>S pan</sub>	[mm]									
	ψ	[-]									
	b <sub>c</sub>	[mm]									
	b <sub>t</sub>	[mm]									
	b <sub>eff</sub>	[mm]									
	λ <sub>p</sub>	[-]									
	ρ	[-]									
	K <sub>c</sub>	[-]									
	b <sub>ei</sub>	[mm]									
	b <sub>es</sub>	[mm]									
	b <sub>ei_L</sub>	[mm]									
	b <sub>es_L</sub>	[mm]									
	y <sub>foro</sub>	[mm]									
	b <sub>foro</sub>	[mm]									
PANNELLO 3	b <sub>pan</sub>	[mm]									
	y <sub>S pan</sub>	[mm]									
	yl <sub>S pan</sub>	[mm]									
	ψ	[-]									
	b <sub>c</sub>	[mm]									
	b <sub>t</sub>	[mm]									
	b <sub>eff</sub>	[mm]									
	λ <sub>p</sub>	[-]									
	ρ	[-]									
	K <sub>c</sub>	[-]									
	b <sub>ei</sub>	[mm]									
	b <sub>es</sub>	[mm]									
	b <sub>ei_L</sub>	[mm]									
	b <sub>es_L</sub>	[mm]									
	y <sub>foro</sub>	[mm]									
	b <sub>foro</sub>	[mm]									
PANNELLO 4	b <sub>pan</sub>	[mm]									
	y <sub>S pan</sub>	[mm]									
	yl <sub>S pan</sub>	[mm]									
	ψ	[-]									
	b <sub>c</sub>	[mm]									
	b <sub>t</sub>	[mm]									
	b <sub>eff</sub>	[mm]									
	λ <sub>p</sub>	[-]									
	ρ	[-]									
	K <sub>c</sub>	[-]									
	b <sub>ei</sub>	[mm]									
	b <sub>es</sub>	[mm]									
	b <sub>ei_L</sub>	[mm]									
	b <sub>es_L</sub>	[mm]									
	y <sub>foro</sub>	[mm]									
	b <sub>foro</sub>	[mm]									
PANNELLO 5	b <sub>pan</sub>	[mm]									
	y <sub>S pan</sub>	[mm]									
	yl <sub>S pan</sub>	[mm]									
	ψ	[-]									
	b <sub>c</sub>	[mm]									
	b <sub>t</sub>	[mm]									
	b <sub>eff</sub>	[mm]									
	λ <sub>p</sub>	[-]									
	ρ	[-]									
	K <sub>c</sub>	[-]									
	b <sub>ei</sub>	[mm]									
	b <sub>es</sub>	[mm]									
	b <sub>ei_L</sub>	[mm]									
	b <sub>es_L</sub>	[mm]									
	y <sub>foro</sub>	[mm]									
	b <sub>foro</sub>	[mm]									

ASTA T1-11 - NODO 301 - Comb. 6			CALCOLO FORATURA PANNELLI											
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE						
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4			
PANNELLO 6		$b_{pan}$	[mm]											
		$y_{S_{pan}}$	[mm]											
		$y_{i_{S_{pan}}}$	[mm]											
		$\psi$	[-]											
		$b_c$	[mm]											
		$b_t$	[mm]											
		$b_{eff}$	[mm]											
		$\lambda_p$	[-]											
		$\rho$	[-]											
		$K_c$	[-]											
		$b_{ei}$	[mm]											
		$b_{es}$	[mm]											
		$b_{ei\_L}$	[mm]											
		$b_{es\_L}$	[mm]											
$y_{foro}$	[mm]													
$b_{foro}$	[mm]													
AREA COMPRESSA LOCALE		$y_{S_{loc}}$	[mm]	1645	1710	1835		1632	1632	1632				
		$y_{i_{loc}}$	[mm]	1222	1710	1835		393	393	393				
		$y_{S_{asse}}$	[mm]	1434	1710	1835		1013	1013	1013				
		$y_{i_{asse}}$	[mm]	1434	1710	1835		1013	1013	1013				

ASTA T1-11 - NODO 301 - Comb. 6			CALCOLO TENSIONI CRITICHE DI PIASTRA												
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE							
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4				
SITUAZIONE PER MAX 2 IRRIGIDITORI IN ZONA COMPRESSA	PRIMO IRRIGIDITORE IN ZONA COMPRESSA	$a_p$	[mm]												
		$b_1$	[mm]												
		$b_2$	[mm]												
		$A_{irr\_L}$	[mm <sup>2</sup> ]												
		$J_{irr\_L}$	[mm <sup>4</sup> ]												
		$m_{ocr}$	[-]												
		$a_c$	[mm]												
		$\sigma_{crit\_p}$	[N/mm <sup>2</sup> ]												
		SECONDO IRRIGIDITORE IN ZONA COMPRESSA	$a_p$	[mm]											
			$b_1$	[mm]											
			$b_2$	[mm]											
			$A_{irr\_L}$	[mm <sup>2</sup> ]											
	$J_{irr\_L}$		[mm <sup>4</sup> ]												
	$m_{ocr}$		[-]												
	IRRIGIDITORE LUMPED SE N.2	$a_p$	[mm]												
		$b_1$	[mm]												
		$b_2$	[mm]												
		$A_{irr\_L}$	[mm <sup>2</sup> ]												
		$J_{irr\_L}$	[mm <sup>4</sup> ]												
		$m_{ocr}$	[-]												
	SITUAZIONE PER PIU' DI TRE IRRIGIDITORI IN ZONA COMPRESSA		$b$	[mm]											
			$a$	[mm]											
			$t_w$	[mm]											
			$\psi_{plate}$	[-]											
$\alpha_1$			[-]												
$J_{plate\_L}$			[mm <sup>4</sup> ]												
$\gamma$			[-]												
$A_{irr\_tot\_L}$			[mm <sup>2</sup> ]												
$\delta$			[-]												
$K_{\sigma\_p}$			[-]												
$\sigma_{crit\_p}$			[N/mm <sup>2</sup> ]												
$\sigma_{crit\_p}$			[N/mm <sup>2</sup> ]												

ASTA T1-11 - NODO 301 - Comb. 6			CALCOLO TENSIONI CRITICHE DI COLONNA								
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
IRRIGIDITORE MAGGIORMENTE COMPRESSO	$y_{irr}$	[mm]									
	$m_{ocr}$	[-]									
	$A_{irr\_L}$	[mm <sup>2</sup> ]									
	$J_{irr\_L}$	[mm <sup>4</sup> ]									
	$\alpha_e$	[-]									
	$A_{irr\_E}$	[mm <sup>2</sup> ]									
	$\lambda_c$	[-]									
	$\phi$	[-]									
	$\chi_c$	[-]									
$\sigma_{crit\_c}$	[N/mm <sup>2</sup> ]										

			CALCOLO COEFFICIENTE $\rho_c$ ANIMA ED IRRIGIDITORI COMPRESSI								
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
	$\psi_{plate}$	[-]									
	$A_{eff\_loc}$	[mm <sup>2</sup> ]									
	$A_{c\_loc}$	[mm <sup>2</sup> ]									
	$\beta$	[-]									
	$\lambda_p$	[-]									
	$\rho_p$	[-]									
	$\xi$	[-]									
	$\rho/\rho_c$	[-]	0.657	1.000	1.000		0.353	0.353	0.353		

			CALCOLO $\rho$ PIATTABANDE								
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
	$\rho_{p\_sup}$	[-]	1.000				1.000				
	$\rho_{p\_inf}$	[-]					1.000	1.000	1.000		

			CARATTERISTICHE DI INERZIA UTILIZZATE PER IL CALCOLO DELLE TENSIONI EFFICACI								
			u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
				FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
Coeff.di omog.	n	-		15.73	6.30			15.73	6.30		
Area sezione omog.	A	[mm <sup>2</sup> ]					64326	121429	200813		
Pos.inf baricentro	$Y_{inf}$	[mm]	674	1321	1632						
Pos.sup baricentro	$Y_{sup}$	[mm]	1326	979	668						
Mom.inerzia sezione	J	[mm <sup>4</sup> ]	5.07E+10	1.26E+11	1.64E+11						
Modulo di res.piatt.inf.	$W_{pi}$	[mm <sup>3</sup> ]	7.53E+07	9.55E+07	1.01E+08						
Modulo di res.anima inf.	$W_{wi}$	[mm <sup>3</sup> ]	8.20E+07	9.96E+07	1.04E+08						
Modulo di res.anima sup.	$W_{ws}$	[mm <sup>3</sup> ]	3.92E+07	1.94E+08	4.86E+08						
Modulo di res.piatt.sup.	$W_{ps}$	[mm <sup>3</sup> ]	3.83E+07	1.86E+08	4.46E+08						
Modulo di res.cls inf.	$W_{ci}/n$	[mm <sup>3</sup> ]		1.68E+08	3.75E+08						
Modulo di res.arm.inf.	$W_{si}$	[mm <sup>3</sup> ]		1.66E+08	3.67E+08						
Modulo di res.arm.sup.	$W_{ss}$	[mm <sup>3</sup> ]		1.36E+08	2.66E+08						
Modulo di res.cls sup.	$W_{cs}/n$	[mm <sup>3</sup> ]		1.29E+08	2.46E+08						
S/J per calcolo connettori	S/J	[mm <sup>-1</sup> ]		3.91E-04	4.59E-04						

#### 7.4.2 Verifica acciaio estradosso/intradosso piattabande

Di seguito si riportano i grafici relativi alle verifiche condotte agli stati limite ultimi sulle piattabande inferiori e superiori.

Nel secondo grafico si riportano i valori assoluti delle tensioni (in termini di tensioni efficaci), dove:

$\sigma_{pi,max}$  è la tensione massima dell'acciaio nella piattabanda inferiore;

$\sigma_{pi,min}$  è la tensione minima dell'acciaio nella piattabanda inferiore;

$\sigma_{ps,max}$  è la tensione massima dell'acciaio nella piattabanda superiore;

$\sigma_{ps,min}$  è la tensione minima dell'acciaio nella piattabanda superiore.

Nel primo grafico si riportano, delle suddette grandezze, i valori normalizzati rispetto ai valori resistenti delle tensioni, ove la resistenza a rottura della sezione è pari a:

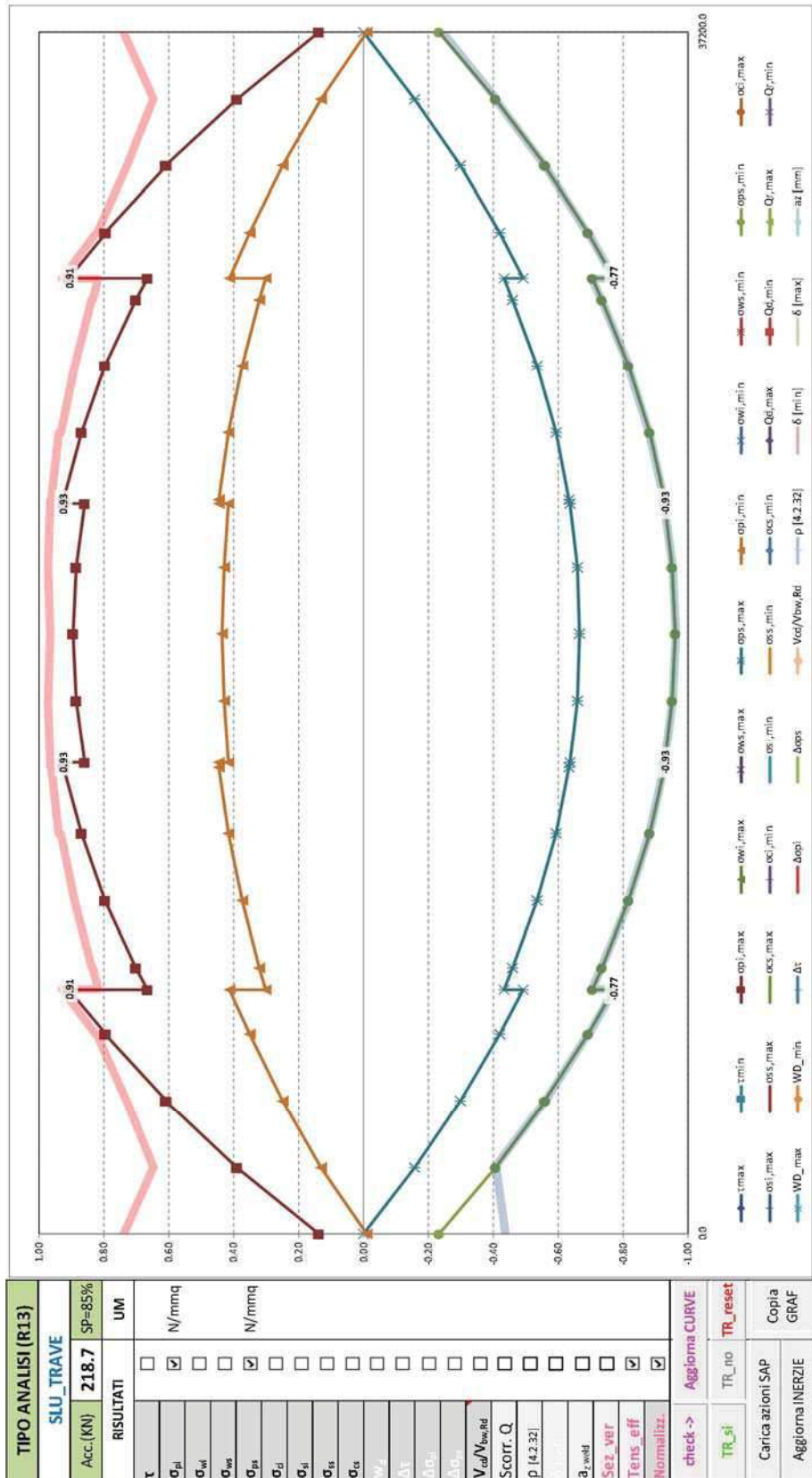
$$\sigma_{lim} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1.05} = 338 \text{ N/mm}^2, \text{ per spessori minori uguali a } 40\text{mm}$$

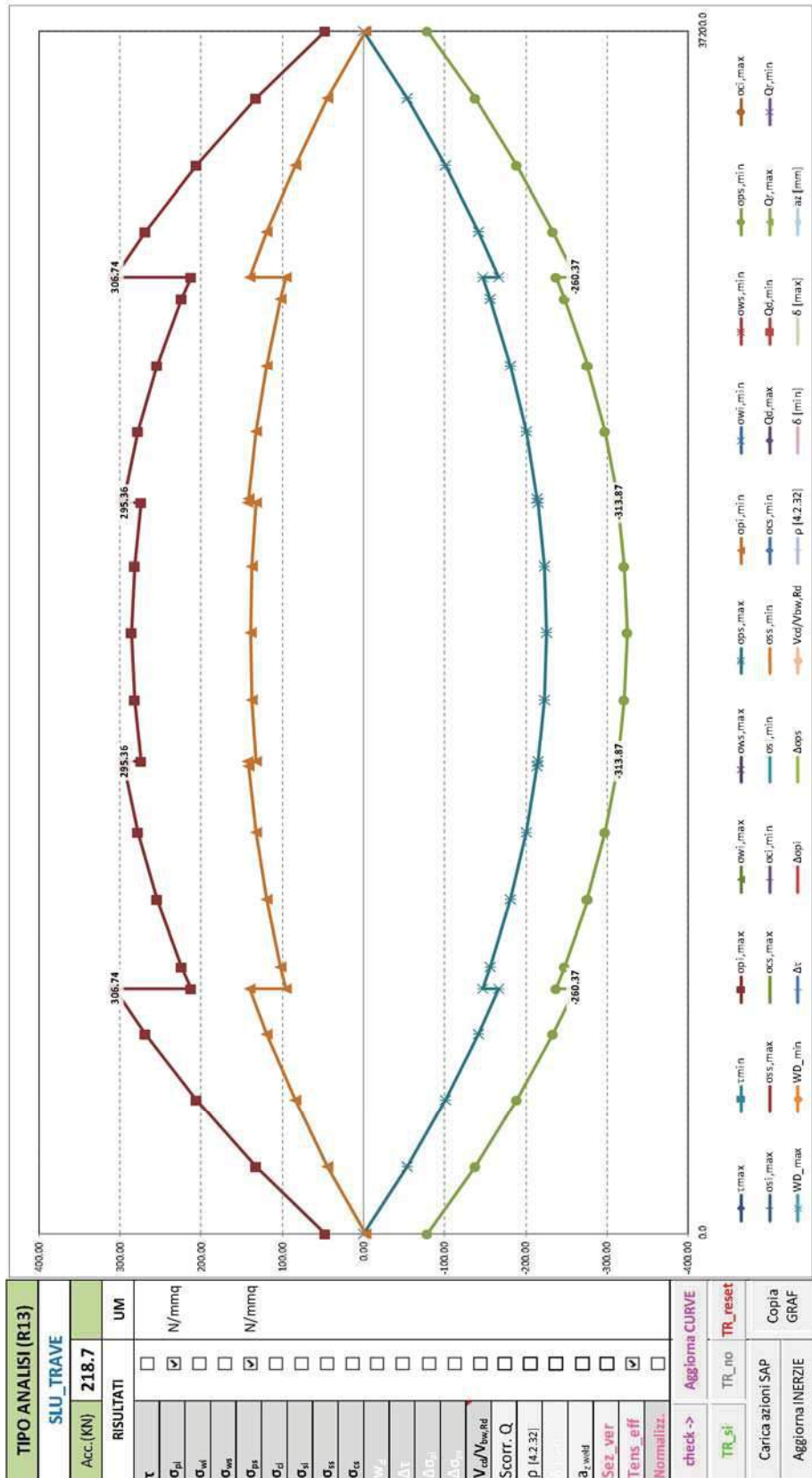
$$\sigma_{lim} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1.05} = 338 \text{ N/mm}^2, \text{ per spessori maggiori di } 40\text{mm}$$

con  $\gamma_{M0}=1.05$

Le verifiche si intendono soddisfatte se tutti i valori del grafico sono minori di 1.0 (tensione sollecitante minore della tensione resistente).

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.





TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLU_TRAVE				
X(mm)	elem	Nodo	opi,max	ops,max	opi,min	ops,min
0	T1-1	268	47.00	-0.14	-3.07	-78.64
2070	T1-1	271	132.32	-53.54	44.03	-137.34
2070	T1-2	271	131.82	-53.55	44.26	-137.27
4130	T1-2	274	206.03	-100.52	84.10	-188.82
4130	T1-3	274	205.49	-100.54	84.33	-188.74
6200	T1-3	277	269.14	-141.52	118.91	-233.60
6200	T1-4	277	268.50	-141.73	119.01	-233.71
7600	T1-4	280	306.74	-166.05	139.82	-260.37
7600	T1-5	280	212.70	-146.13	96.38	-237.57
8270	T1-5	283	223.91	-155.48	102.63	-247.94
8270	T1-6	283	223.59	-155.50	102.75	-247.88
10330	T1-6	286	254.29	-180.51	119.44	-275.79
10330	T1-7	286	254.01	-180.53	119.55	-275.73
12400	T1-7	289	277.62	-199.98	132.38	-297.41
12400	T1-8	289	277.34	-200.10	132.42	-297.46
14470	T1-8	292	294.44	-214.17	141.97	-313.09
14470	T1-9	292	294.27	-214.18	142.03	-313.05
14600	T1-9	295	295.36	-214.87	142.50	-313.87
14600	T1-10	295	273.85	-214.66	132.74	-312.99
16530	T1-10	298	282.43	-222.30	137.50	-321.48
16530	T1-11	298	282.35	-222.30	137.53	-321.46
18600	T1-11	301	285.56	-224.99	139.05	-324.52
18600	T1-12	301	285.56	-224.99	139.05	-324.52
20670	T1-12	304	282.35	-222.30	137.53	-321.46
20670	T1-13	304	282.43	-222.30	137.50	-321.48
22600	T1-13	307	273.85	-214.66	132.74	-312.99
22600	T1-14	307	295.36	-214.87	142.50	-313.87
22730	T1-14	310	294.27	-214.18	142.03	-313.05
22730	T1-15	310	294.44	-214.17	141.97	-313.09
24800	T1-15	313	277.34	-200.10	132.42	-297.46
24800	T1-16	313	277.62	-199.98	132.38	-297.41
26870	T1-16	316	254.01	-180.53	119.55	-275.73
26870	T1-17	316	254.29	-180.51	119.44	-275.79
28930	T1-17	358	223.59	-155.50	102.75	-247.88
28930	T1-18	358	223.91	-155.48	102.63	-247.94
29600	T1-18	361	212.70	-146.13	96.38	-237.57
29600	T1-19	361	306.74	-166.05	139.82	-260.37
31000	T1-19	364	268.50	-141.73	119.01	-233.71
31000	T1-20	364	269.14	-141.52	118.91	-233.60
33070	T1-20	367	205.49	-100.54	84.33	-188.74
33070	T1-21	367	206.03	-100.52	84.10	-188.82
35130	T1-21	370	131.82	-53.55	44.26	-137.27
35130	T1-22	370	132.32	-53.54	44.03	-137.34
37200	T1-22	373	47.00	-0.14	-3.07	-78.64



### 7.4.3 Verifica acciaio estradosso/intradosso anima

Di seguito si riportano i grafici relativi alle verifiche condotte agli stati limite ultimi ai lembi inferiore e superiore dell'anima.

Nel secondo grafico si riportano i valori assoluti delle tensioni ideali (in termini di tensioni efficaci), dove:

$\sigma_{wi,max}$  è la tensione massima dell'acciaio al lembo inferiore dell'anima;

$\sigma_{wi,min}$  è la tensione minima dell'acciaio al lembo inferiore dell'anima;

$\sigma_{ws,max}$  è la tensione massima dell'acciaio al lembo superiore dell'anima;

$\sigma_{ws,min}$  è la tensione minima dell'acciaio al lembo superiore dell'anima.

Nel primo grafico si riportano, delle suddette grandezze, i valori normalizzati rispetto ai valori resistenti delle tensioni, ove la resistenza a rottura della sezione è pari a:

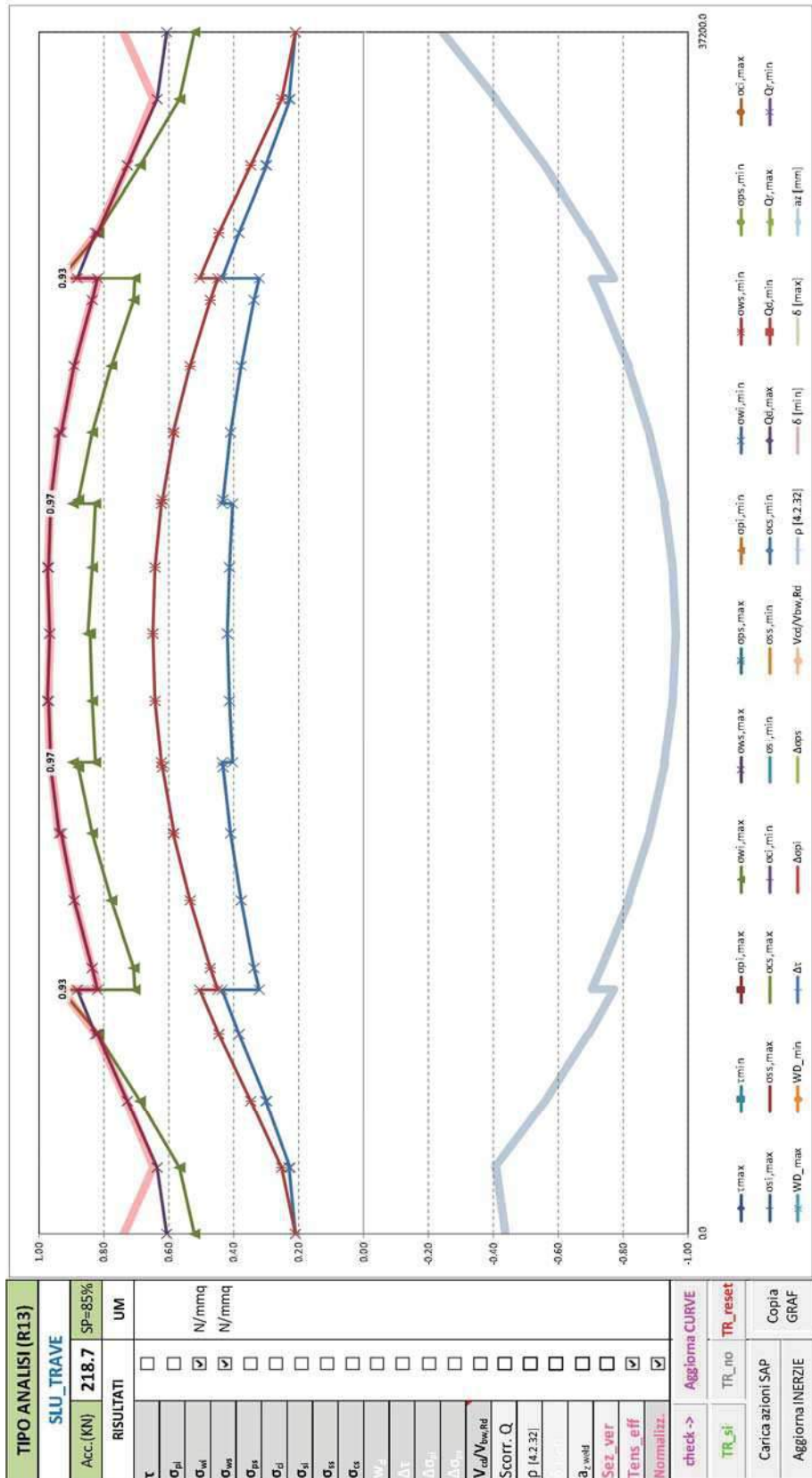
$$\sigma_{lim} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1.05} = 335 \text{ N/mm}^2, \text{ per spessori minori uguali a } 40\text{mm}$$

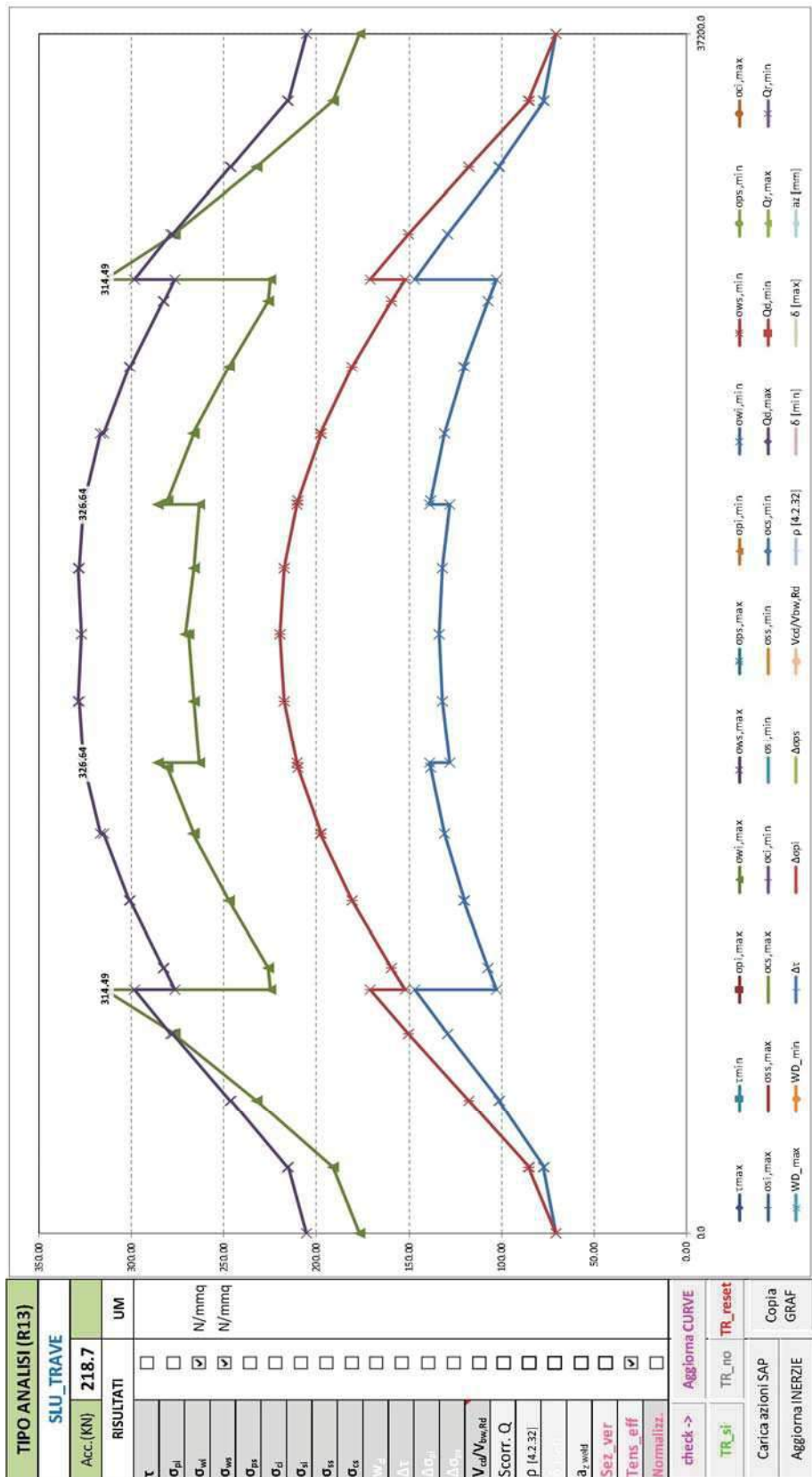
$$\sigma_{lim} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1.05} = 335 \text{ N/mm}^2, \text{ per spessori maggiori di } 40\text{mm}$$

con  $\gamma_{M0}=1.05$

Le verifiche si intendono soddisfatte se tutti i valori del grafico sono minori di 1.0 (tensione sollecitante minore della tensione resistente).

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.





TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLU_TRAVE				
X(mm)	elem	Nodo	$\sigma_{wi,max}$	$\sigma_{ws,max}$	$\sigma_{wi,min}$	$\sigma_{ws,min}$
0	T1-1	268	176.50	205.26	70.89	70.89
2070	T1-1	271	191.23	215.14	77.35	85.38
2070	T1-2	271	191.23	215.49	76.92	85.03
4130	T1-2	274	232.54	246.12	101.50	117.71
4130	T1-3	274	232.30	246.49	101.24	117.59
6200	T1-3	277	277.35	277.40	129.33	150.62
6200	T1-4	277	276.39	278.91	129.20	150.38
7600	T1-4	280	314.49	298.56	147.19	170.97
7600	T1-5	280	225.03	276.69	103.02	151.82
8270	T1-5	283	226.15	282.35	107.56	159.59
8270	T1-6	283	226.00	282.92	107.45	159.49
10330	T1-6	286	247.53	300.86	120.34	180.94
10330	T1-7	286	247.39	301.33	120.20	180.77
12400	T1-7	289	266.53	314.82	130.79	197.84
12400	T1-8	289	266.42	316.92	130.80	197.53
14470	T1-8	292	280.70	325.23	138.48	209.86
14470	T1-9	292	280.57	325.91	138.43	209.84
14600	T1-9	295	285.49	326.64	138.81	210.44
14600	T1-10	295	263.50	325.86	128.22	210.39
16530	T1-10	298	266.26	328.35	132.09	217.35
16530	T1-11	298	266.21	328.88	132.04	217.19
18600	T1-11	301	269.22	326.73	133.51	219.85
18600	T1-12	301	270.65	326.73	133.51	219.85
20670	T1-12	304	266.21	328.88	132.04	217.19
20670	T1-13	304	266.26	328.35	132.09	217.35
22600	T1-13	307	263.50	325.86	128.22	210.39
22600	T1-14	307	285.49	326.64	138.81	210.44
22730	T1-14	310	280.57	325.91	138.43	209.84
22730	T1-15	310	280.70	325.23	138.48	209.86
24800	T1-15	313	266.42	316.92	130.80	197.53
24800	T1-16	313	266.53	314.82	130.79	197.84
26870	T1-16	316	247.39	301.33	120.20	180.77
26870	T1-17	316	247.53	300.86	120.34	180.94
28930	T1-17	358	226.00	282.92	107.45	159.49
28930	T1-18	358	226.15	282.35	107.56	159.59
29600	T1-18	361	225.03	276.69	103.02	151.82
29600	T1-19	361	314.49	298.56	147.19	170.97
31000	T1-19	364	276.39	278.91	129.20	150.38
31000	T1-20	364	277.35	277.40	129.33	150.62
33070	T1-20	367	232.30	246.49	101.24	117.59
33070	T1-21	367	232.54	246.12	101.50	117.71
35130	T1-21	370	191.23	215.49	76.92	85.03
35130	T1-22	370	191.23	215.14	77.35	85.38
37200	T1-22	373	176.50	205.26	70.89	70.89

#### 7.4.4 Verifiche a taglio

Di seguito si riportano i grafici e i tabulati relativi alle verifiche a taglio condotte agli stati limite ultimi (in termini di tensioni efficaci); nel dettaglio si riporta il rapporto  $V_{cd}/V_{rd}$ ; le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte se tutti i valori del grafico sono minori di 1.0 (taglio sollecitante minore del taglio resistente), dove:

Si riportano di seguito i dettagli delle verifiche a taglio dei pannelli d'anima condotte su ciascuna sezione.

Ove:

$x$  è l'ascissa della sezione di verifica relativa ai pannelli d'anima;

$\tau$  è la tensione di taglio;

$A_T$  è l'area di taglio;

$I$  è l'inerzia tra gli irrigidenti trasversali;

$h_{p1}$ ;  $h_{p2}$  sono le altezze del pannello d'anima singolo e irrigidito;

$\lambda_{w1}$ ;  $\lambda_{w2}$  sono i parametri di snellezza, rispettivamente del pannello singolo e del pannello irrigidito, dati dalla formula:

$$\lambda_w = 0.76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}}$$

$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E$  è la tensione tangenziale critica e  $\sigma_E$  è la tensione critica euleriana;

$\lambda_w$  è il parametro di snellezza, pari al valore massimo tra ( $\lambda_{w1}$ ;  $\lambda_{w2}$ )

$\chi_w$  è un coefficiente (Tab. C4.2.VII della norma) per il calcolo della resistenza all'instabilità a taglio del pannello;

$V_{bcd}$  è il valore di progetto del taglio;

$V_{bwrD}$  è la resistenza all'instabilità per taglio del pannello d'anima, con (vedi equazione C4.2.47 della norma):

$$V_{bwrD} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

Ove a favore di sicurezza non si è tenuto in conto il contributo resistente offerto dalle piattabande.

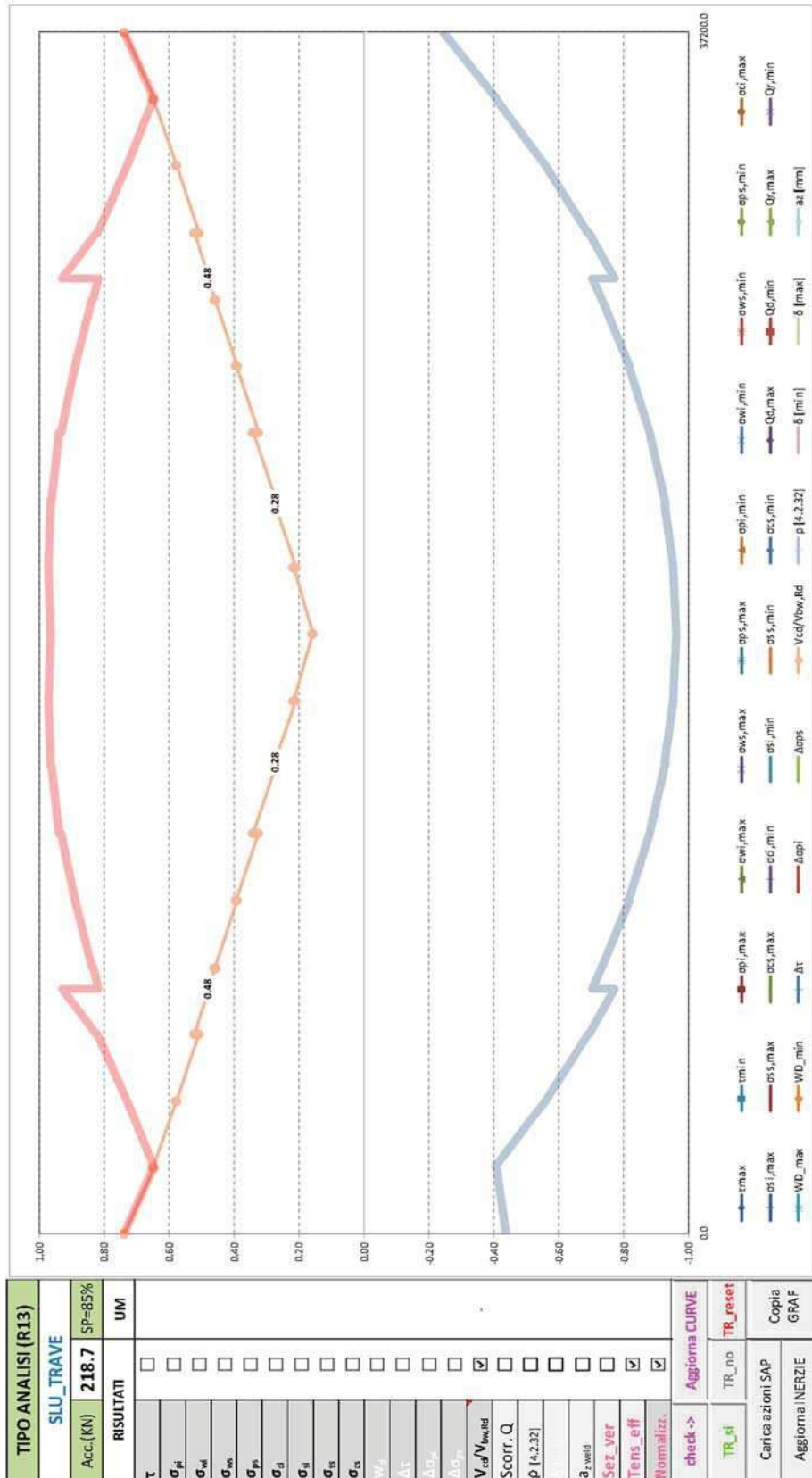
$h_w$  è l'altezza del pannello d'anima;

$t$  è lo spessore del pannello d'anima;

$\gamma_{M1} = 1.10$  è il coefficiente di sicurezza per ponti stradali e ferroviari.

$V_{bcd}/V_{bwrD}$  è il rapporto tra taglio di progetto e taglio resistente, pertanto le verifiche si intendono soddisfatte se tale rapporto risulta minore di 1.

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.



TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLU_TRAVE	
X(mm)	elem	Nodo	Vcd/Vbw,Rd
0	T1-1	268	0.74
2070	T1-1	271	0.65
2070	T1-2	271	0.65
4130	T1-2	274	0.58
4130	T1-3	274	0.58
6200	T1-3	277	0.51
6200	T1-4	277	0.52
7600	T1-4	280	0.48
7600	T1-5	280	0.48
8270	T1-5	283	0.46
8270	T1-6	283	0.46
10330	T1-6	286	0.39
10330	T1-7	286	0.39
12400	T1-7	289	0.32
12400	T1-8	289	0.34
14470	T1-8	292	0.27
14470	T1-9	292	0.28
14600	T1-9	295	0.28
14600	T1-10	295	0.28
16530	T1-10	298	0.21
16530	T1-11	298	0.22
18600	T1-11	301	0.16
18600	T1-12	301	0.16
20670	T1-12	304	0.22
20670	T1-13	304	0.21
22600	T1-13	307	0.28
22600	T1-14	307	0.28
22730	T1-14	310	0.28
22730	T1-15	310	0.27
24800	T1-15	313	0.34
24800	T1-16	313	0.32
26870	T1-16	316	0.39
26870	T1-17	316	0.39
28930	T1-17	358	0.46
28930	T1-18	358	0.46
29600	T1-18	361	0.48
29600	T1-19	361	0.48
31000	T1-19	364	0.52
31000	T1-20	364	0.51
33070	T1-20	367	0.58
33070	T1-21	367	0.58
35130	T1-21	370	0.65
35130	T1-22	370	0.65
37200	T1-22	373	0.74



VERIFICA A TAGLIO DEI PANNELLI D'ANIMA - SLU															[C4.2.46]	[4.2.18]	[4.2.31]	[4.2.32]		
X(mm)	elem	Nodo	$\tau$ (MPa)	CMB	$A_T$ (mmq)	l (mm)	$h_w$ (mm)	Modalità collasso	$k_t$	$\sigma_E$ (Mpa)	$\tau_{crk}$ (Mpa)	$\lambda_w$	$\chi_w$	$h_p$ (mm)	$V_{bcd}$	$V_{bwr}$	$V_{bcd}/V_{bwr}$	$V_{c,RD}$	$V_{bcd}/V_{c,RD}$	$\rho$
0	T1-1	268	85	14	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2649	3590	0.74	6075	0.44	-
2070	T1-1	271	75	14	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2321	3590	0.65	6075	0.38	-
2070	T1-2	271	75	14	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2329	3590	0.65	6075	0.38	-
4130	T1-2	274	66	14	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2068	3590	0.58	6075	0.34	-
4130	T1-3	274	67	14	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2076	3590	0.58	6075	0.34	-
6200	T1-3	277	59	14	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	1828	3590	0.51	6075	0.30	-
6200	T1-4	277	60	14	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	1866	3590	0.52	6075	0.31	-
7600	T1-4	280	55	14	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	1715	3590	0.48	6075	0.28	-
7600	T1-5	280	56	14	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1727	3571	0.48	5997	0.29	-
8270	T1-5	283	53	14	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1626	3571	0.46	5997	0.27	-
8270	T1-6	283	53	14	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1639	3571	0.46	5997	0.27	-
10330	T1-6	286	45	14	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1389	3571	0.39	5997	0.23	-
10330	T1-7	286	46	14	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1402	3571	0.39	5997	0.23	-
12400	T1-7	289	38	14	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1160	3571	0.32	5997	0.19	-
12400	T1-8	289	40	14	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1220	3571	0.34	5997	0.20	-
14470	T1-8	292	32	14	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	975	3571	0.27	5997	0.16	-
14470	T1-9	292	32	2	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	993	3571	0.28	5997	0.17	-
14600	T1-9	295	32	2	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	983	3571	0.28	5997	0.16	-
14600	T1-10	295	32	14	30640	2070	1915	Crisi pannello intero	8.76	13.3	116.2	1.33	0.62	1915	983	3568	0.28	5981	0.16	-
16530	T1-10	298	25	14	30640	2070	1915	Crisi pannello intero	8.76	13.3	116.2	1.33	0.62	1915	753	3568	0.21	5981	0.13	-
16530	T1-11	298	25	14	30640	2070	1915	Crisi pannello intero	8.76	13.3	116.2	1.33	0.62	1915	768	3568	0.22	5981	0.13	-
18600	T1-11	301	18	1	30640	2070	1915	Crisi pannello intero	8.76	13.3	116.2	1.33	0.62	1915	556	3568	0.16	5981	0.09	-
18600	T1-12	301	18	14	30640	2070	1915	Crisi pannello intero	8.76	13.3	116.2	1.33	0.62	1915	556	3568	0.16	5981	0.09	-
20670	T1-12	304	25	1	30640	2070	1915	Crisi pannello intero	8.76	13.3	116.2	1.33	0.62	1915	768	3568	0.22	5981	0.13	-
20670	T1-13	304	25	1	30640	2070	1915	Crisi pannello intero	8.76	13.3	116.2	1.33	0.62	1915	753	3568	0.21	5981	0.13	-
22600	T1-13	307	32	1	30640	2070	1915	Crisi pannello intero	8.76	13.3	116.2	1.33	0.62	1915	983	3568	0.28	5981	0.16	-
22600	T1-14	307	32	1	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	983	3571	0.28	5997	0.16	-
22730	T1-14	310	32	1	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	993	3571	0.28	5997	0.17	-
22730	T1-15	310	32	13	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	975	3571	0.27	5997	0.16	-
24800	T1-15	313	40	13	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1220	3571	0.34	5997	0.20	-
24800	T1-16	313	38	13	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1160	3571	0.32	5997	0.19	-
26870	T1-16	316	46	13	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1402	3571	0.39	5997	0.23	-
26870	T1-17	316	45	13	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1389	3571	0.39	5997	0.23	-
28930	T1-17	358	53	13	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1639	3571	0.46	5997	0.27	-
28930	T1-18	358	53	13	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1626	3571	0.46	5997	0.27	-
29600	T1-18	361	56	13	30720	2070	1920	Crisi pannello intero	8.78	13.2	115.9	1.33	0.62	1920	1727	3571	0.48	5997	0.29	-
29600	T1-19	361	55	13	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	1715	3590	0.48	6075	0.28	-
31000	T1-19	364	60	13	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	1866	3590	0.52	6075	0.31	-
31000	T1-20	364	59	13	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	1828	3590	0.51	6075	0.30	-
33070	T1-20	367	67	13	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2076	3590	0.58	6075	0.34	-

VERIFICA A TAGLIO DEI PANNELLI D'ANIMA - SLU																[C4.2.46]	[4.2.18]	[4.2.31]	[4.2.32]	
X(mm)	elem	Nodo	$\tau$ (MPa)	CMB	$A_T$ (mm <sup>2</sup> )	l (mm)	$h_w$ (mm)	Modalità collasso	$k_{\tau}$	$\sigma_E$ (Mpa)	$\tau_{crk}$ (Mpa)	$\lambda_w$	$\chi_w$	$h_p$ (mm)	$V_{bcd}$	$V_{bwr}$	$V_{bcd}/V_{bwr}$	$V_{c,RD}$	$V_{bcd}/V_{c,RD}$	$\rho$
33070	T1-21	367	66	13	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2 068	3 590	0.58	6 075	0.34	-
35130	T1-21	370	75	13	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2 329	3 590	0.65	6 075	0.38	-
35130	T1-22	370	75	13	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2 321	3 590	0.65	6 075	0.38	-
37200	T1-22	373	85	13	31120	2070	1945	Crisi pannello intero	8.87	12.9	114.1	1.34	0.62	1945	2 649	3 590	0.74	6 075	0.44	-

#### 7.4.5 Verifiche armatura longitudinale in soletta

Nel secondo grafico si riportano i grafici delle tensioni massime e minime presenti sull'armatura longitudinale superiore e inferiore della soletta, in particolare:

$S_{ss,max}$ ;  $S_{ss, min}$  sono i valori massimi e minimi nell'armatura superiore;

$S_{si,max}$ ;  $S_{si, min}$  sono i valori massimi e minimi nell'armatura inferiore.

Nel primo grafico si riportano, delle suddette grandezze, i valori normalizzati rispetto ai valori resistenti delle tensioni.

La resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio è pari a:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

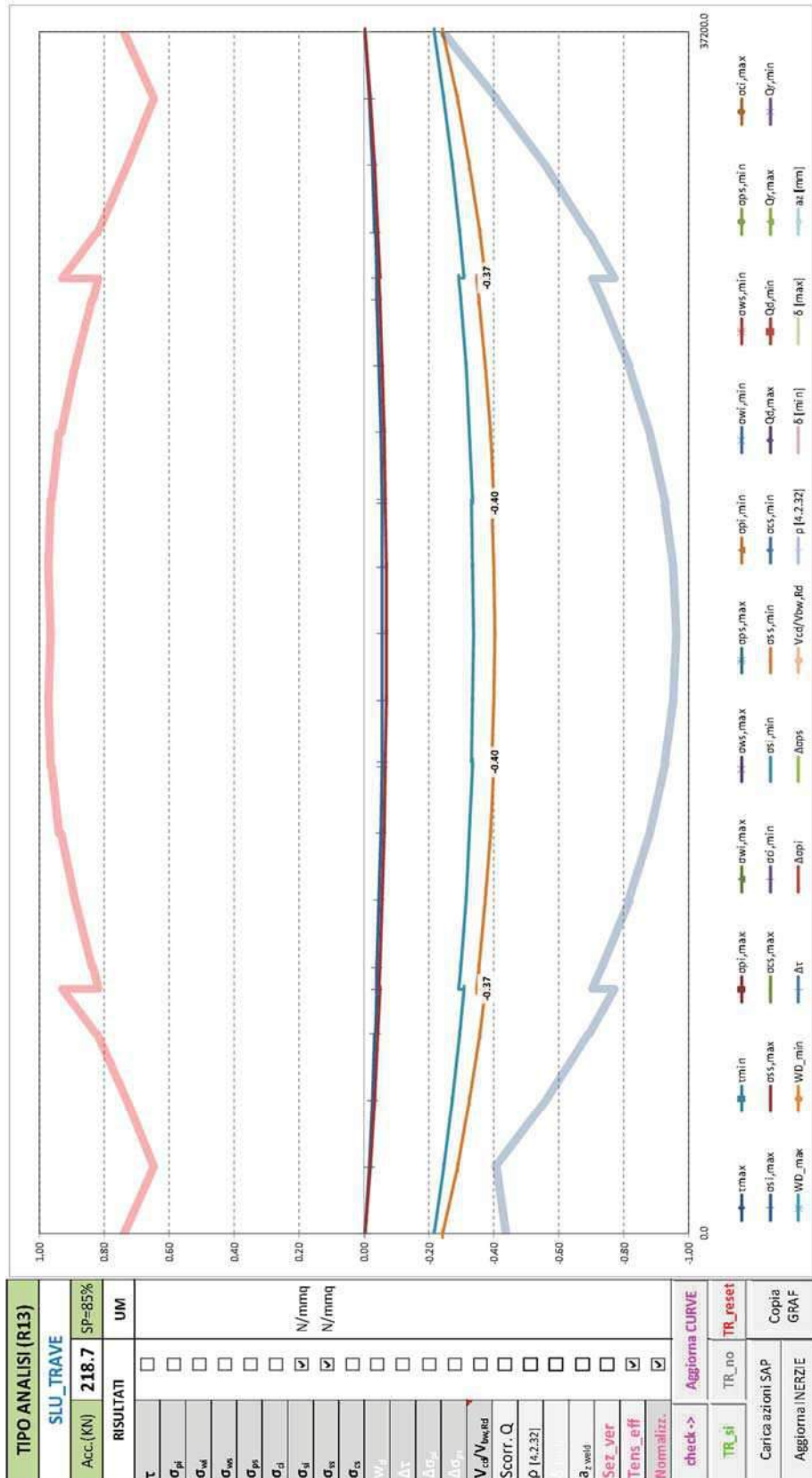
Dove:

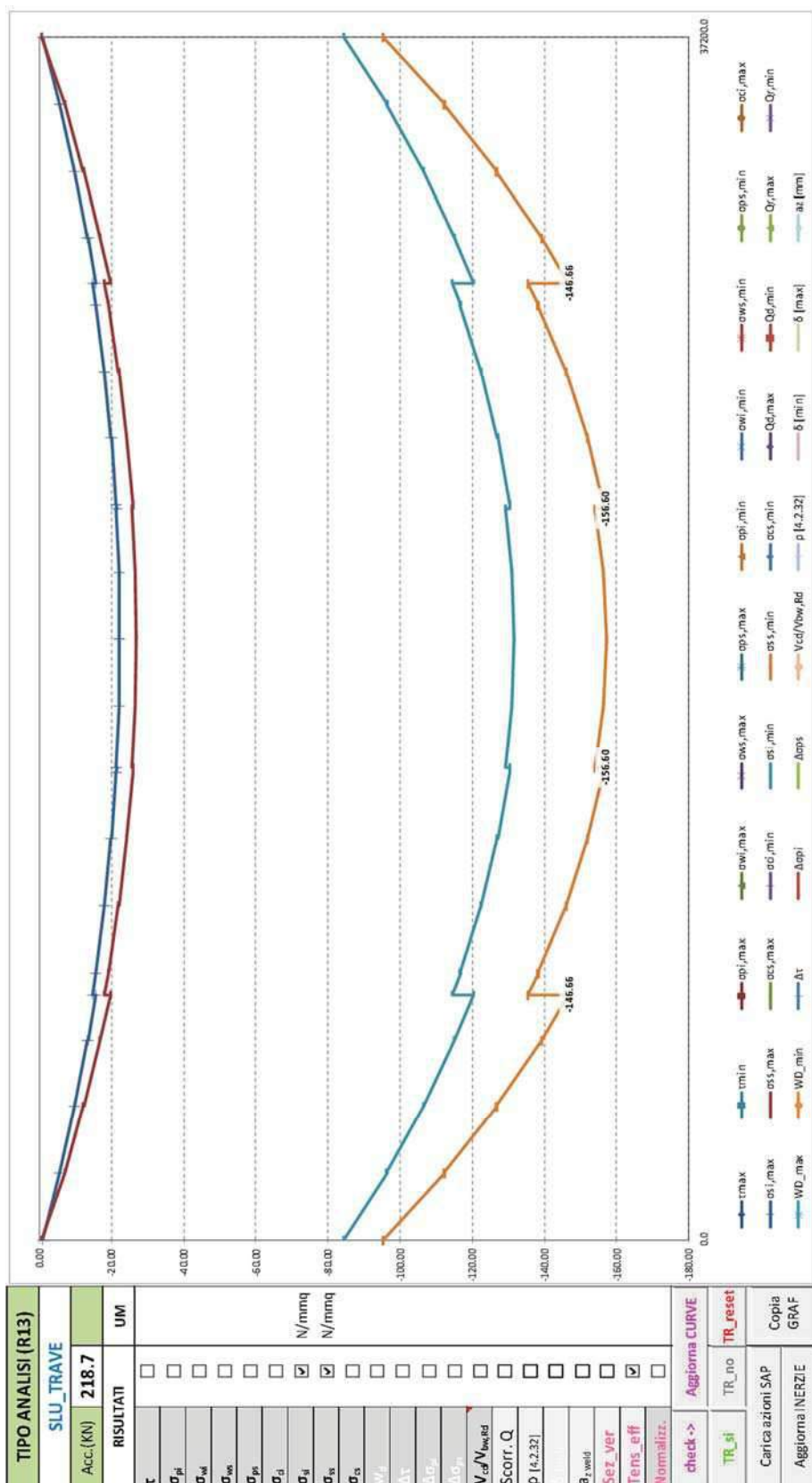
$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$  è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio;

$\gamma_s = 1.15$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio.

Le verifiche si intendono soddisfatte se tutti i valori del grafico sono minori di 1.0 (tensione sollecitante minore della tensione resistente).

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.





TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLU_TRAVE				
X(mm)	elem	Nodo	osi,max	oss,max	osi,min	oss,min
0	T1-1	268	-0.83	-0.71	-84.47	-95.26
2070	T1-1	271	-5.69	-7.00	-96.37	-112.29
2070	T1-2	271	-5.72	-7.05	-96.28	-112.15
4130	T1-2	274	-9.81	-12.25	-106.51	-126.80
4130	T1-3	274	-9.83	-12.30	-106.41	-126.65
6200	T1-3	277	-13.32	-16.74	-115.09	-139.08
6200	T1-4	277	-13.55	-16.98	-115.18	-139.13
7600	T1-4	280	-15.68	-19.72	-120.44	-146.66
7600	T1-5	280	-14.82	-17.99	-114.56	-135.38
8270	T1-5	283	-15.70	-19.08	-116.71	-138.24
8270	T1-6	283	-15.73	-19.11	-116.63	-138.13
10330	T1-6	286	-18.07	-22.00	-122.55	-146.02
10330	T1-7	286	-18.10	-22.03	-122.47	-145.91
12400	T1-7	289	-19.86	-24.19	-126.98	-151.92
12400	T1-8	289	-19.98	-24.33	-127.02	-151.95
14470	T1-8	292	-21.37	-26.03	-130.33	-156.35
14470	T1-9	292	-21.38	-26.05	-130.29	-156.29
14600	T1-9	295	-21.45	-26.13	-130.52	-156.60
14600	T1-10	295	-21.33	-25.81	-129.23	-154.05
16530	T1-10	298	-22.05	-26.68	-130.99	-156.36
16530	T1-11	298	-22.05	-26.69	-130.97	-156.33
18600	T1-11	301	-22.24	-26.92	-131.61	-157.19
18600	T1-12	301	-22.24	-26.92	-131.61	-157.19
20670	T1-12	304	-22.05	-26.69	-130.97	-156.33
20670	T1-13	304	-22.05	-26.68	-130.99	-156.36
22600	T1-13	307	-21.33	-25.81	-129.23	-154.05
22600	T1-14	307	-21.45	-26.13	-130.52	-156.60
22730	T1-14	310	-21.38	-26.05	-130.29	-156.29
22730	T1-15	310	-21.37	-26.03	-130.33	-156.35
24800	T1-15	313	-19.98	-24.33	-127.02	-151.95
24800	T1-16	313	-19.86	-24.19	-126.98	-151.92
26870	T1-16	316	-18.10	-22.03	-122.47	-145.91
26870	T1-17	316	-18.07	-22.00	-122.55	-146.02
28930	T1-17	358	-15.73	-19.11	-116.63	-138.13
28930	T1-18	358	-15.70	-19.08	-116.71	-138.24
29600	T1-18	361	-14.82	-17.99	-114.56	-135.38
29600	T1-19	361	-15.68	-19.72	-120.44	-146.66
31000	T1-19	364	-13.55	-16.98	-115.18	-139.13
31000	T1-20	364	-13.32	-16.74	-115.09	-139.08
33070	T1-20	367	-9.83	-12.30	-106.41	-126.65
33070	T1-21	367	-9.81	-12.25	-106.51	-126.80
35130	T1-21	370	-5.72	-7.05	-96.28	-112.15
35130	T1-22	370	-5.69	-7.00	-96.37	-112.29
37200	T1-22	373	-0.83	-0.71	-84.47	-95.26

#### 7.4.6 Verifiche calcestruzzo soletta

Analogamente, di seguito nel secondo grafico, si riportano i grafici delle tensioni massime e minime presenti nel calcestruzzo della soletta, ai lembi superiore e inferiore, in particolare:

$S_{cs,max}$ ;  $S_{cs, min}$  sono i valori massimi e minimi nel calcestruzzo (lembo superiore);

$S_{ci,max}$ ;  $S_{ci, min}$  sono i valori massimi e minimi nel calcestruzzo (lembo inferiore).

Nel primo grafico si riportano, delle suddette grandezze, i valori normalizzati rispetto ai valori resistenti delle tensioni.

La resistenza di calcolo a compressione è pari a:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0.85 \frac{32}{1.5} = 18.13 \text{ N/mm}^2$$

Dove:

$\alpha_{cc} = 0.85$  è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;

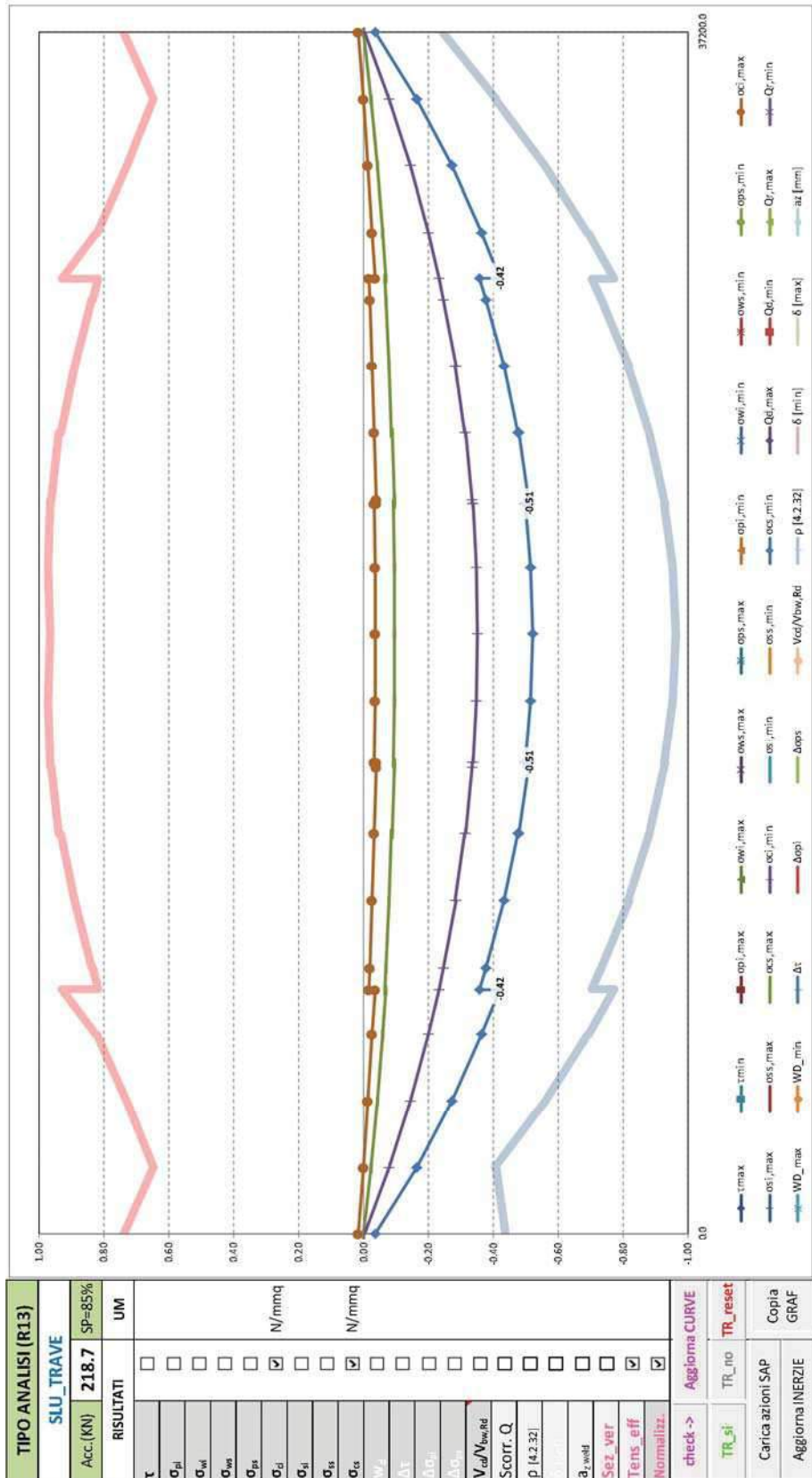
$f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni;

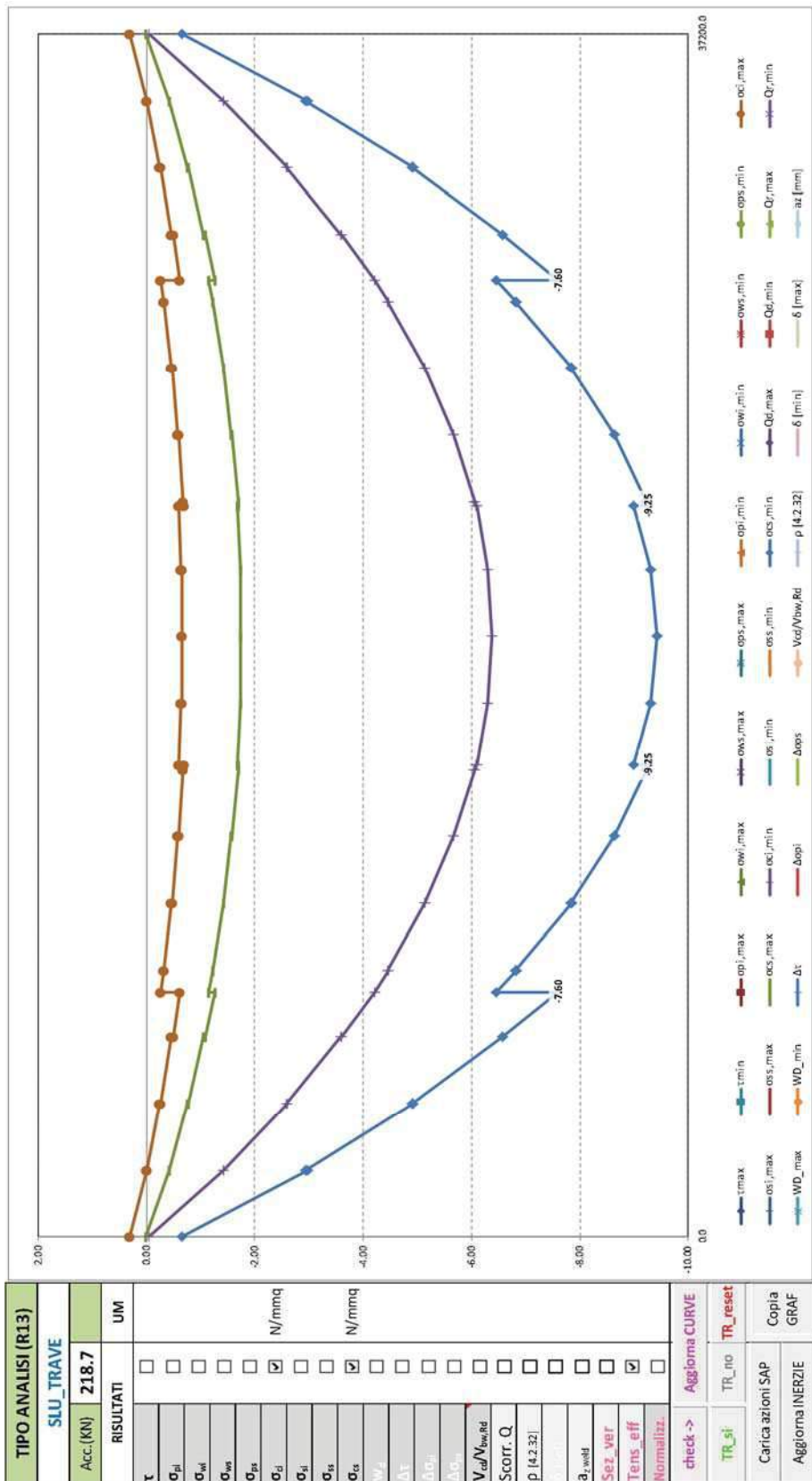
$\gamma_c = 1.5$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo.

Le verifiche si intendono soddisfatte se tutti i valori del grafico sono minori di 1.0 (tensione sollecitante minore della tensione resistente).

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.







TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLU_TRAVE				
X(mm)	elem	Nodo	$\sigma_{ci,max}$	$\sigma_{cs,max}$	$\sigma_{ci,min}$	$\sigma_{cs,min}$
0	T1-1	268	0.30	0.01	-0.05	-0.66
2070	T1-1	271	0.00	-0.42	-1.43	-2.97
2070	T1-2	271	-0.01	-0.43	-1.42	-2.95
4130	T1-2	274	-0.25	-0.76	-2.60	-4.93
4130	T1-3	274	-0.26	-0.76	-2.59	-4.90
6200	T1-3	277	-0.46	-1.04	-3.59	-6.58
6200	T1-4	277	-0.50	-1.08	-3.61	-6.58
7600	T1-4	280	-0.63	-1.26	-4.22	-7.60
7600	T1-5	280	-0.27	-1.15	-4.21	-6.46
8270	T1-5	283	-0.32	-1.22	-4.46	-6.83
8270	T1-6	283	-0.33	-1.23	-4.45	-6.81
10330	T1-6	286	-0.47	-1.41	-5.14	-7.86
10330	T1-7	286	-0.47	-1.42	-5.13	-7.84
12400	T1-7	289	-0.58	-1.55	-5.66	-8.64
12400	T1-8	289	-0.60	-1.58	-5.67	-8.64
14470	T1-8	292	-0.68	-1.69	-6.06	-9.22
14470	T1-9	292	-0.68	-1.69	-6.05	-9.21
14600	T1-9	295	-0.69	-1.70	-6.08	-9.25
14600	T1-10	295	-0.60	-1.68	-6.09	-9.00
16530	T1-10	298	-0.65	-1.73	-6.30	-9.30
16530	T1-11	298	-0.65	-1.73	-6.29	-9.30
18600	T1-11	301	-0.66	-1.75	-6.37	-9.42
18600	T1-12	301	-0.66	-1.75	-6.37	-9.42
20670	T1-12	304	-0.65	-1.73	-6.29	-9.30
20670	T1-13	304	-0.65	-1.73	-6.30	-9.30
22600	T1-13	307	-0.60	-1.68	-6.09	-9.00
22600	T1-14	307	-0.69	-1.70	-6.08	-9.25
22730	T1-14	310	-0.68	-1.69	-6.05	-9.21
22730	T1-15	310	-0.68	-1.69	-6.06	-9.22
24800	T1-15	313	-0.60	-1.58	-5.67	-8.64
24800	T1-16	313	-0.58	-1.55	-5.66	-8.64
26870	T1-16	316	-0.47	-1.42	-5.13	-7.84
26870	T1-17	316	-0.47	-1.41	-5.14	-7.86
28930	T1-17	358	-0.33	-1.23	-4.45	-6.81
28930	T1-18	358	-0.32	-1.22	-4.46	-6.83
29600	T1-18	361	-0.27	-1.15	-4.21	-6.46
29600	T1-19	361	-0.63	-1.26	-4.22	-7.60
31000	T1-19	364	-0.50	-1.08	-3.61	-6.58
31000	T1-20	364	-0.46	-1.04	-3.59	-6.58
33070	T1-20	367	-0.26	-0.76	-2.59	-4.90
33070	T1-21	367	-0.25	-0.76	-2.60	-4.93
35130	T1-21	370	-0.01	-0.43	-1.42	-2.95
35130	T1-22	370	0.00	-0.42	-1.43	-2.97
37200	T1-22	373	0.30	0.01	-0.05	-0.66

#### 7.4.7 Verifica irrigiditori trasversali e longitudinali

Si riportano nelle tabelle seguenti, le verifiche di stabilità degli irrigiditori trasversali in tutte le sezioni, secondo quanto prescritto al paragrafo C4.2.4.1.3.4.8 della Normativa.

La presenza dell'eventuale irrigiditore longitudinale è tenuta in conto attraverso il calcolo della  $A_{c,eff,loc}$  (C.4.2.67), in cui le zone soggette a compressione contribuiscono all'inerzia totale della sezione in misura ridotta, come diffusamente riportato dalla stessa norma. Nel caso siano presenti irrigiditori longitudinali, si riportano nelle tabelle seguenti, le verifiche di stabilità torsionali degli irrigiditori longitudinali in tutte le sezioni, secondo quanto prescritto al paragrafo C4.2.4.1.3.4.8 della Normativa.

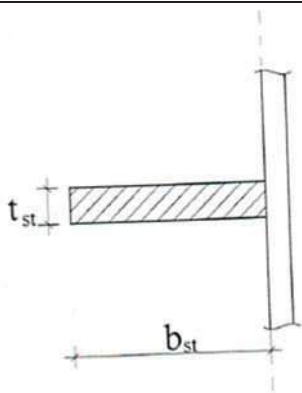
Nel dettaglio, trattandosi di irrigiditori aperti, la verifica di stabilità torsionale può considerarsi soddisfatta se:

$$\frac{I_T}{I_p} \geq 5.3 \cdot \frac{f_y}{E}$$

In cui:

$I_T$ ;  $I_p$  sono il momento di inerzia torsionale del solo irrigiditore e il momento di inerzia polare del solo irrigiditore rispetto all'attacco con la lamiera.

con:

	$I_p = \frac{b_{st}^3 \cdot t_{st}}{3} + \frac{t_{st}^3 \cdot b_{st}}{12} \approx \frac{b_{st}^3 \cdot t_{st}}{3}$ $I_t = \frac{b_{st} \cdot t_{st}^3}{3}$ $\frac{I_t}{I_p} = \left( \frac{t_{st}}{b_{st}} \right)^2 \geq \frac{5.3 \cdot f_y}{E}$ $\frac{b_{st}}{t_{st}} \leq \sqrt{\frac{E}{5.3 \cdot f_y}}$
--	--

CHECK IRRIGIDITORI TRASVERSALI			NON RIGIDI			CONTROLLO TORSIONALE			VERIFICA CON Nst		VERIFICA SENZA Nst					
X(mm)	elem	Nodo	I <sub>x</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>w</sub> (mm <sup>6</sup> )	lungh (mm)	passo (mm)	I <sub>t</sub> /I <sub>p</sub> > 5.3 f <sub>y</sub> /E	σ <sub>crit,1</sub> > θf <sub>y</sub>	σ <sub>crit,2</sub> > θf <sub>y</sub>	σ <sub>max</sub> < f <sub>y</sub> /γ <sub>M1</sub>	w < h/300	[C.4.2.52]	J <sub>irr</sub>	J <sub>irr,min</sub>	[C.4.2.85]
0	T1-1	268	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	270940	ok
2070	T1-1	271	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	416418	ok
2070	T1-2	271	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	416371	ok
4130	T1-2	274	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	544303	ok
4130	T1-3	274	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	544253	ok
6200	T1-3	277	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	655881	ok
6200	T1-4	277	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	656679	ok
7600	T1-4	280	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	722888	ok
7600	T1-5	280	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	647990	ok
8270	T1-5	283	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	673342	ok
8270	T1-6	283	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	673277	ok
10330	T1-6	286	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	741285	ok
10330	T1-7	286	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	741228	ok
12400	T1-7	289	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	794132	ok
12400	T1-8	289	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	794516	ok
14470	T1-8	292	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	832618	ok
14470	T1-9	292	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	832582	ok
14600	T1-9	295	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	834516	ok
14600	T1-10	295	168 750	16 917 188	0	1 915	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	833037	ok
16530	T1-10	298	168 750	16 917 188	0	1 915	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	853828	ok
16530	T1-11	298	168 750	16 917 188	0	1 915	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	853809	ok
18600	T1-11	301	168 750	16 917 188	0	1 915	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	861248	ok
18600	T1-12	301	168 750	16 917 188	0	1 915	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	861248	ok
20670	T1-12	304	168 750	16 917 188	0	1 915	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	853809	ok
20670	T1-13	304	168 750	16 917 188	0	1 915	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	853828	ok
22600	T1-13	307	168 750	16 917 188	0	1 915	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	833037	ok
22600	T1-14	307	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	834516	ok
22730	T1-14	310	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	832582	ok
22730	T1-15	310	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	832618	ok
24800	T1-15	313	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	794516	ok
24800	T1-16	313	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	794132	ok
26870	T1-16	316	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	741228	ok
26870	T1-17	316	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	741285	ok
28930	T1-17	358	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	673277	ok
28930	T1-18	358	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	673342	ok
29600	T1-18	361	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	647990	ok
29600	T1-19	361	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	722888	ok
31000	T1-19	364	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	656679	ok
31000	T1-20	364	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	655881	ok
33070	T1-20	367	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	544253	ok
33070	T1-21	367	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	544303	ok
35130	T1-21	370	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	416371	ok
35130	T1-22	370	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	416418	ok
37200	T1-22	373	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns			R	15748608	270940	ok

#### 7.4.8 Verifica dei connettori

Le verifiche dei connettori sono state effettuate secondo quanto prescritto al paragrafo 4.3.4.3.1.2 delle norme tecniche.

La resistenza di calcolo a taglio è stata assunta pari al minore dei seguenti valori:

$$P_{Rd,a} = 0.8 \cdot f_t \left( \pi \cdot d^2 / 4 \right) / \gamma_V \quad (\text{resistenza a taglio del gambo del piolo})$$

$$P_{Rd,c} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \left( f_{ck} \cdot E_c \right)^{0.5} / \gamma_V \quad (\text{resistenza a schiacciamento del calcestruzzo})$$

Dove:

$\gamma_V = 1.25$	fattore parziale di sicurezza
$f_t = 355$	resistenza a rottura dell'acciaio del piolo in Mpa
$f_{ck} = 32$	resistenza cilindrica del calcestruzzo della soletta in Mpa
$d = 19$	diametro del piolo in mm
$h_{sc} = 230$	altezza del piolo dopo la saldatura in mm
$\alpha = 0.2 \cdot (h_{sc} / d + 1)$	per $3 \leq h_{sc} / d \leq 4$
1.0	per $h_{sc} / d > 4$

Di seguito si riporta il grafico delle verifiche eseguite in cui:

$Q_{r,max}$ e $Q_{r,min}$	sono i valori massimi e minimi della forza di scorrimento resistente
$Q_{d,max}$ e $Q_{d,min}$	sono i valori massimi e minimi della forza di scorrimento di calcolo.

Dove la forza di scorrimento è data da:

$$Q_d = \frac{T S}{J} i$$

In cui:

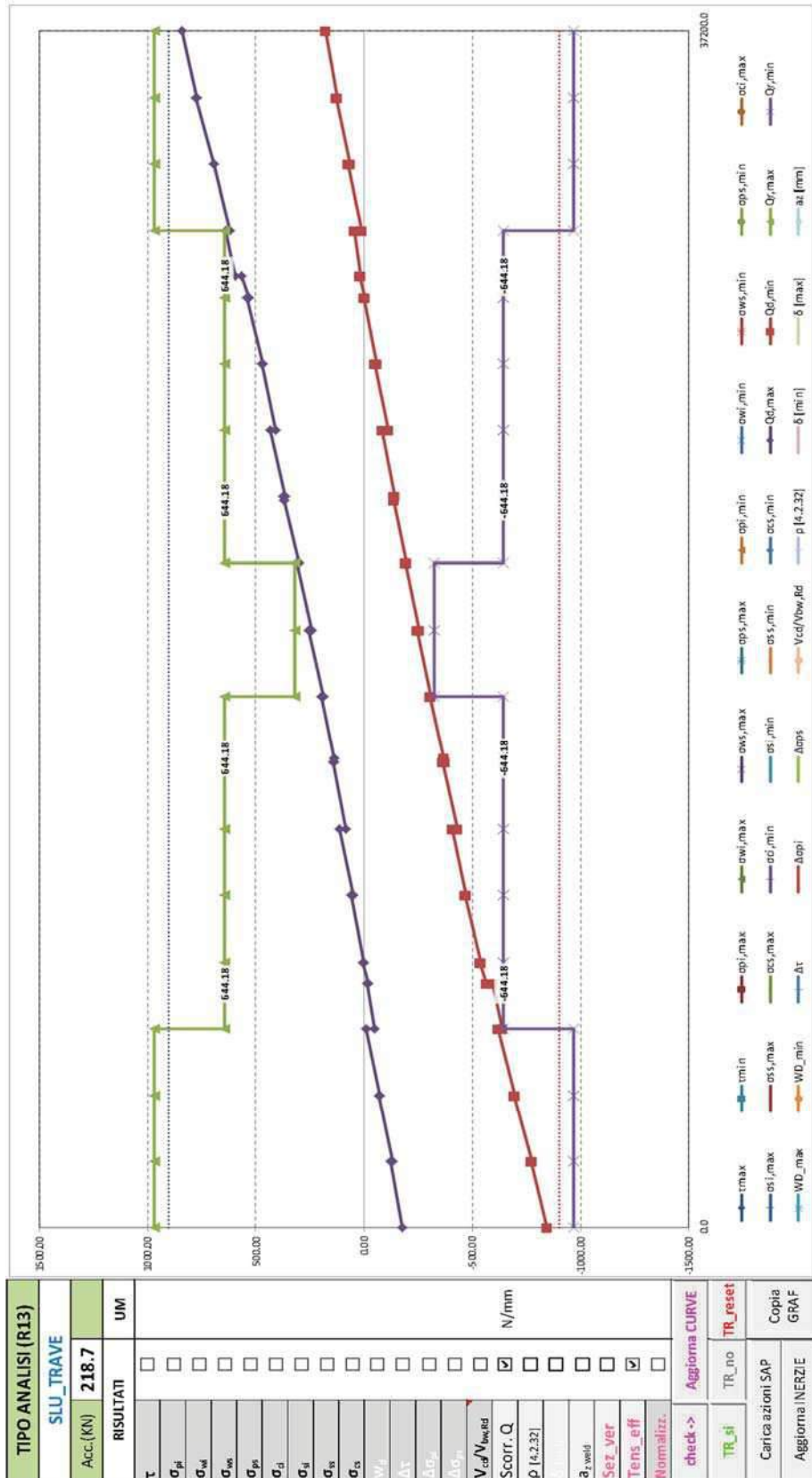
$i = 200$  interasse longitudinale tra i pioli in mm

Le verifiche si intendono soddisfatte se:

$$Q_{d,max} < Q_{r,max};$$

$$Q_{d,min} > Q_{r,min};$$

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.





TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLU_TRAVE					
X(mm)	elem	Nodo	Qd,max	Qd,min	Qr,max	Qr,min	numpioli
0	T1-1	268	-177.45	-842.94	966.27	-966.27	3.00
2070	T1-1	271	-124.18	-771.11	966.27	-966.27	3.00
2070	T1-2	271	-129.96	-774.61	966.27	-966.27	3.00
4130	T1-2	274	-66.67	-691.71	966.27	-966.27	3.00
4130	T1-3	274	-74.56	-695.73	966.27	-966.27	3.00
6200	T1-3	277	-10.58	-618.82	966.27	-966.27	3.00
6200	T1-4	277	-46.90	-637.11	644.18	-644.18	2.00
7600	T1-4	280	-13.25	-593.30	644.18	-644.18	2.00
7600	T1-5	280	-18.74	-565.83	644.18	-644.18	2.00
8270	T1-5	283	5.85	-533.31	644.18	-644.18	2.00
8270	T1-6	283	-0.98	-539.33	644.18	-644.18	2.00
10330	T1-6	286	57.81	-467.96	644.18	-644.18	2.00
10330	T1-7	286	50.28	-473.88	644.18	-644.18	2.00
12400	T1-7	289	111.35	-405.96	644.18	-644.18	2.00
12400	T1-8	289	84.62	-432.90	644.18	-644.18	2.00
14470	T1-8	292	142.67	-363.44	644.18	-644.18	2.00
14470	T1-9	292	136.83	-371.63	644.18	-644.18	2.00
14600	T1-9	295	138.25	-370.21	644.18	-644.18	2.00
14600	T1-10	295	137.13	-367.22	644.18	-644.18	2.00
16530	T1-10	298	196.66	-302.10	644.18	-644.18	2.00
16530	T1-11	298	189.50	-309.19	322.09	-322.09	1.00
18600	T1-11	301	254.72	-243.39	322.09	-322.09	1.00
18600	T1-12	301	243.39	-254.72	322.09	-322.09	1.00
20670	T1-12	304	309.19	-189.50	322.09	-322.09	1.00
20670	T1-13	304	302.10	-196.66	644.18	-644.18	2.00
22600	T1-13	307	367.22	-137.13	644.18	-644.18	2.00
22600	T1-14	307	370.21	-138.25	644.18	-644.18	2.00
22730	T1-14	310	371.63	-136.83	644.18	-644.18	2.00
22730	T1-15	310	363.44	-142.67	644.18	-644.18	2.00
24800	T1-15	313	432.90	-84.62	644.18	-644.18	2.00
24800	T1-16	313	405.96	-111.35	644.18	-644.18	2.00
26870	T1-16	316	473.88	-50.28	644.18	-644.18	2.00
26870	T1-17	316	467.96	-57.81	644.18	-644.18	2.00
28930	T1-17	358	539.33	0.98	644.18	-644.18	2.00
28930	T1-18	358	533.31	-5.85	644.18	-644.18	2.00
29600	T1-18	361	565.83	18.74	644.18	-644.18	2.00
29600	T1-19	361	593.30	13.25	644.18	-644.18	2.00
31000	T1-19	364	637.11	46.90	644.18	-644.18	2.00
31000	T1-20	364	618.82	10.58	966.27	-966.27	3.00
33070	T1-20	367	695.73	74.56	966.27	-966.27	3.00
33070	T1-21	367	691.71	66.67	966.27	-966.27	3.00
35130	T1-21	370	774.61	129.96	966.27	-966.27	3.00
35130	T1-22	370	771.11	124.18	966.27	-966.27	3.00
37200	T1-22	373	842.94	177.45	966.27	-966.27	3.00

## 7.5 Stati Limite di fatica

### 7.5.1 Sollecitazioni, tensioni

Si riportano, per le sezioni di cui al paragrafo 7.2, i risultati delle tensioni, per le varie combinazioni agli stati limite di fatica, con riferimento alle quattro configurazioni illustrate al medesimo paragrafo.

Per convenzione, le sollecitazioni di compressione sono riportate con segno negativo e le sollecitazioni di trazione sono riportate con segno positivo; i momenti flettenti si intendono positivi se tendono le fibre inferiori.

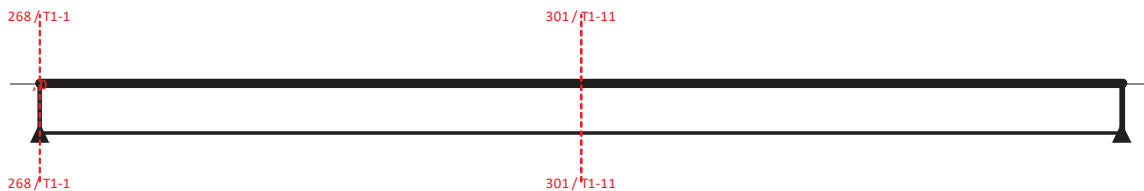
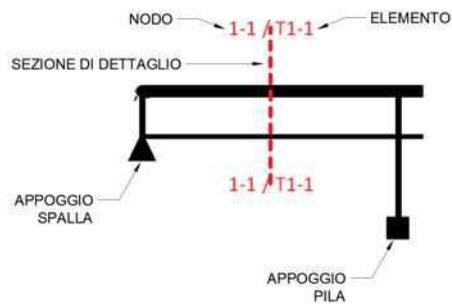


Figura 23: Sezioni di dettaglio



**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-1

Nodo

268

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{cm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
COMB.	NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)
FATICA	35	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-	-	-	0	1	0
FATICA	36	0	0	0	0	0	0	0	-2	-464	-14	-	-	-	-7	-464	-5
FATICA	37	0	0	0	0	0	0	0	0	-175	0	-	-	-	0	-175	0
FATICA	38	0.01	0	0	0	0	0	0	-4	-275	-26	-	-	-	-14	-275	-9

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-1

Sezione

S01

Valori calcolati con inerzie LORDE

Nodo

268

Posizione

1

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35			0.02			0.02	14.94
		MIN	36			-14.92			-14.92	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35			0.00			0.00	0.41
		MIN	38			-0.41			-0.41	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	36			25.84			25.84	25.80
		MIN	35			0.04			0.04	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	36			25.84			25.84	25.80
		MIN	35			0.04			0.04	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.04			0.04	0.04
		MIN	35			0.00			0.00	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.01			0.01	0.01
		MIN	35			0.00			0.00	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.05			0.05	0.05
		MIN	35			0.00			0.00	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.09			0.09	0.09
		MIN	35			0.00			0.00	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.02			0.02	0.02
		MIN	35			0.00			0.00	
Q (KN/m)	FATICA	MAX	35			0.38			0.38	227.87
		MIN	36			-227.49			-227.49	
$w_d$ (mm)	FATICA	MAX	38				0.00		0.00	0.00
		MIN	35							

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-11

Nodo

301

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{cm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
COMB.	NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)
FATICA	35	-1.23	0	0	0	0	0	0	-3	200	2890	-	-	-	1325	200	957
FATICA	36	-1.33	0	0	0	0	0	0	-3	-192	3134	-	-	-	1437	-192	1038
FATICA	37	-1.44	0	0	0	0	0	0	-3	38	3389	-	-	-	1554	38	1122
FATICA	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-11

Sezione

S03

Valori calcolati con inerzie LORDE

Nodo

301

Posizione

22

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35			6.54			6.54	12.80
		MIN	36			-6.26			-6.26	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	37			33.62			33.62	33.63
		MIN	38			0.00			0.00	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	37			32.56			32.56	32.55
		MIN	38			0.01			0.01	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35			12.80			12.80	12.80
		MIN	38			0.01			0.01	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.00			0.00	7.61
		MIN	37			-7.61			-7.61	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.00			0.00	1.44
		MIN	37			-1.44			-1.44	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.00			0.00	9.26
		MIN	37			-9.25			-9.25	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.00			0.00	12.76
		MIN	37			-12.76			-12.76	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38			0.00			0.00	2.19
		MIN	37			-2.19			-2.19	
Q (KN/m)	FATICA	MAX	35			91.97			91.97	180.05
		MIN	36			-88.08			-88.08	
$w_d$ (mm)	FATICA	MAX	38				0.00		0.00	0.00
		MIN	35							

### 7.5.2 Verifiche agli stati limite di fatica

Si riportano i risultati delle verifiche a fatica, condotte in corrispondenza della saldatura tra irrigidente trasversale e piattabanda inferiore.

Secondo quanto prescritto dalla Normativa al paragrafo 4.2.4.1.4, per strutture soggette a carichi ciclici deve essere verificata la resistenza a fatica imponendo che:

$$\Delta_d \leq \frac{\Delta_r}{\gamma_M}$$

Essendo:

- $\Delta_d$  l'escursione di tensione (effettiva o equivalente allo spettro di tensione) prodotta dalle azioni cicliche di progetto che inducono fenomeni di fatica con coefficienti parziali  $\gamma_F=1$ ;
- $\Delta_r$  la resistenza a fatica per la relativa categoria di dettagli costruttivi, come desumibile dalle curve S-N di resistenza a fatica, per il numero totale di cicli di sollecitazione N applicati durante la vita di progetto richiesta,
- $\gamma_M=1.35$  è il coefficiente parziale imponendo come criterio di valutazione la vita utile a fatica e come conseguenze della rottura: conseguenze significative.

il limite a fatica assunto per le tensioni normali è dato dalla classe del dettaglio  $\Delta\sigma_c$ , definita nella tabella seguente (paragrafo C.4.2.4.1.4 della Circolare):

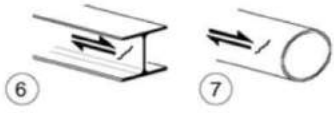
<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">80 (a)</div> 71 (b)		<p>Attacchi trasversali</p> <p>6) Saldati a una piastra</p> <p>7) Nervature verticali saldate a un profilo o a una trave composta</p> <p>8) Diagrammi di travi a cassone composte, saldati all'anima o alla piattabanda</p> <p>(a) <math>l \leq 50</math> mm</p> <p>(b) <math>50 &lt; l \leq 80</math> mm</p> <p>Le classi sono valide anche per nervature anulari</p>	<p>6) e 7) Le parti terminali delle saldature devono essere molate accuratamente per eliminare tutte le rientranze presenti</p> <p>7) Se la nervatura termina nell'anima, <math>\Delta\sigma</math> deve essere calcolato usando le tensioni principali</p>
---	--	--	---

ed è pari a:

$$\Delta\sigma = 0.737 \Delta\sigma_c / \gamma_M = 0.737 \times 80 / 1.35 = 43.67 \text{ N/mm}^2$$



Il limite a fatica assunto per le tensioni tangenziali è dato dalla classe del dettaglio  $\Delta\sigma_\tau$ , definita nella tabella seguente (paragrafo C.4.2.4.1.4 della Circolare):



Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
100		6) e 7) Prodotti laminati e estrusi (come quelli di tabella C4.2.XVII.a) soggetti a tensioni tangenziali	$\Delta\tau$ calcolati con $\Delta\tau = \frac{\Delta V \cdot S(t)}{I \cdot t}$

ed è pari a:

$$\Delta\tau = 0.457 \Delta\sigma_c / \gamma_M = 0.457 \times 100 / 1.35 = 33.85 \text{ N/mm}^2$$

Le verifiche a fatica (vedi paragrafo 5.1.4.3 della Normativa) sono state condotte per vita illimitata, controllando che la massima escursione di tensione  $\Delta\sigma_{\max} = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$  indotto nel dettaglio dallo spettro di carico significativo risulti minore del limite di fatica del dettaglio stesso.

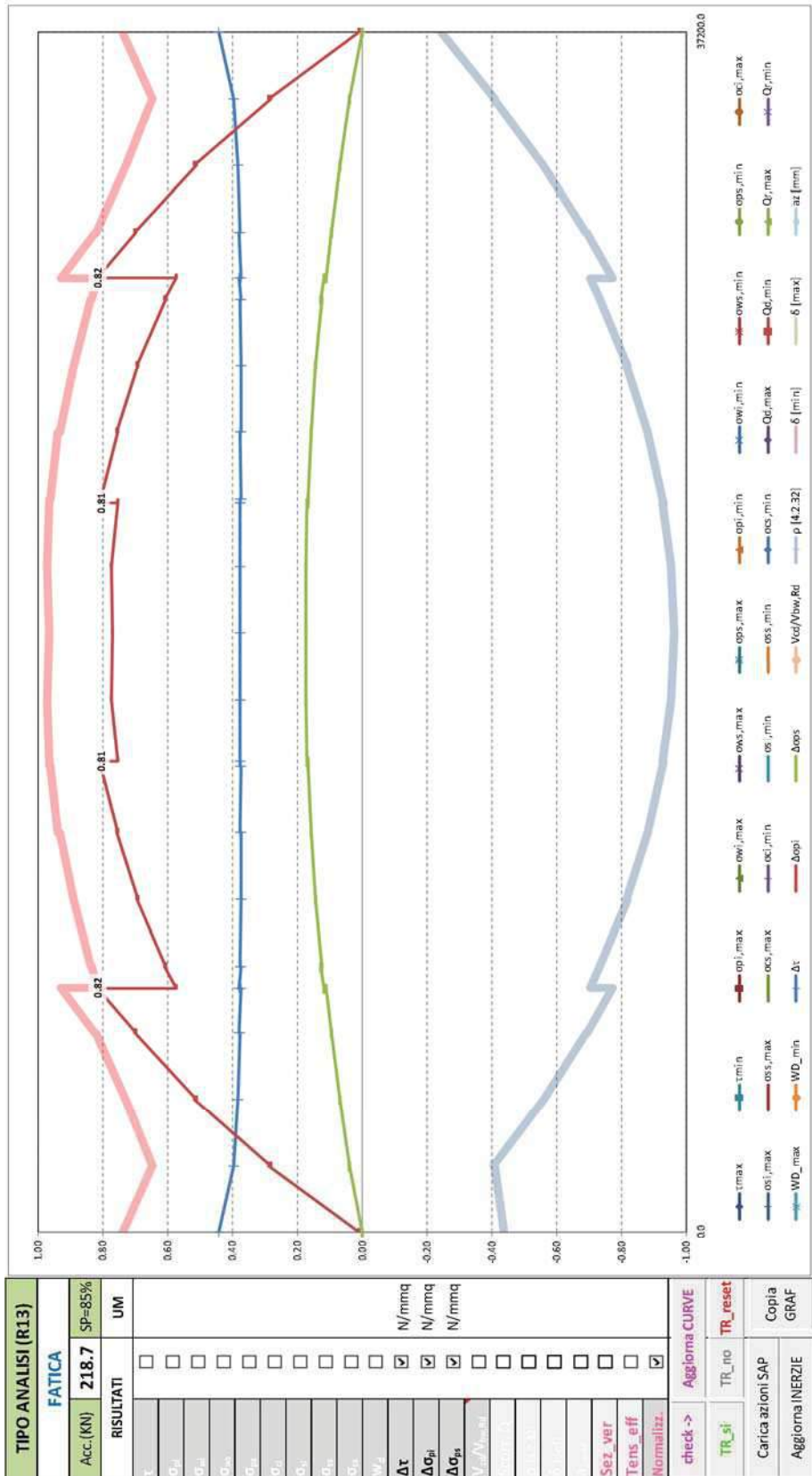
Ai fini del calcolo della tensione massima  $\sigma_{\max}$  sono stati considerati i modelli di carico di fatica 2 così come illustrati dalla seguente tabella (Tab. 5.1.VII estratta dalla Normativa).

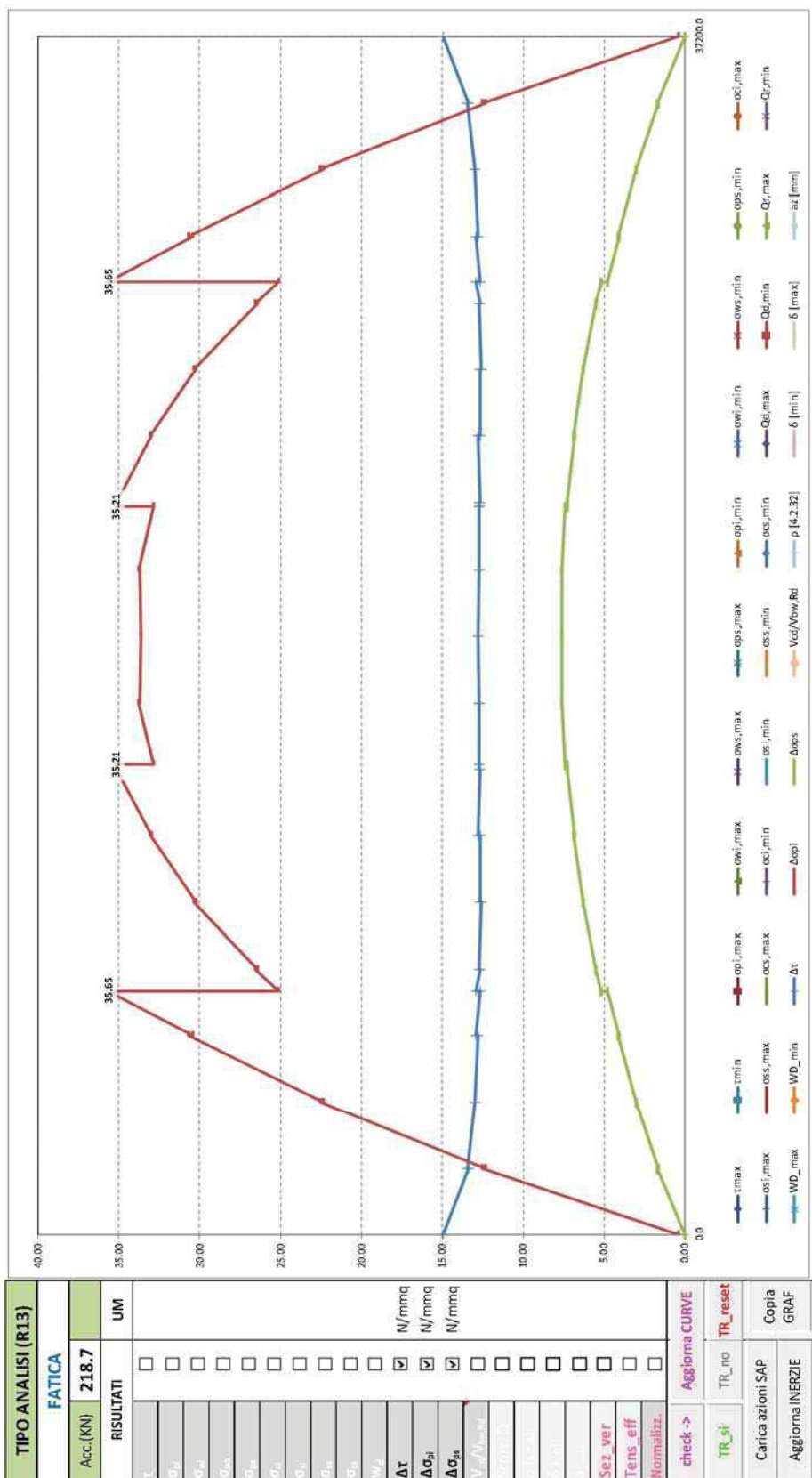
SAGOMA del VEICOLO		Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
		4,5	90	A
			190	B
		4,20	80	A
		1,30	140	B
			140	B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120	C
			120	C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140	B
			140	B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120	C
		1,30	110	C
			110	C

Nel secondo grafico si riportano i valori assoluti delle variazioni di tensione; nel primo grafico si riportano, delle suddette grandezze, i valori normalizzati rispetto ai valori resistenti.

Si sottolinea che nel grafico sono riportati i valori "continui" relativi a tutti i nodi della trave, ma che i valori significativi ai fini delle verifiche a fatica sono solo quelli dei nodi in corrispondenza degli irrigidenti trasversali.

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.





TABULATO CURVE		TIPO ANALISI FATICA			
X(mm)	elem	Nodo	$\Delta\tau$	$\Delta\sigma_i$	$\Delta\sigma_{ps}$
0	T1-1	268	14.94	0.41	0.04
2070	T1-1	271	13.41	12.55	1.70
2070	T1-2	271	13.43	12.32	1.67
4130	T1-2	274	13.00	22.58	3.06
4130	T1-3	274	13.01	22.33	3.02
6200	T1-3	277	12.81	30.66	4.14
6200	T1-4	277	12.91	30.42	4.11
7600	T1-4	280	12.67	35.65	4.81
7600	T1-5	280	12.90	25.12	5.22
8270	T1-5	283	12.68	26.58	5.53
8270	T1-6	283	12.73	26.43	5.49
10330	T1-6	286	12.63	30.36	6.31
10330	T1-7	286	12.65	30.23	6.28
12400	T1-7	289	12.69	33.07	6.87
12400	T1-8	289	12.80	32.97	6.85
14470	T1-8	292	12.68	35.17	7.31
14470	T1-9	292	12.73	35.09	7.29
14600	T1-9	295	12.73	35.21	7.32
14600	T1-10	295	12.76	32.86	7.43
16530	T1-10	298	12.73	33.76	7.64
16530	T1-11	298	12.75	33.72	7.63
18600	T1-11	301	12.80	33.63	7.61
18600	T1-12	301	12.80	33.63	7.61
20670	T1-12	304	12.75	33.72	7.63
20670	T1-13	304	12.73	33.76	7.64
22600	T1-13	307	12.76	32.86	7.43
22600	T1-14	307	12.73	35.21	7.32
22730	T1-14	310	12.73	35.09	7.29
22730	T1-15	310	12.68	35.17	7.31
24800	T1-15	313	12.80	32.97	6.85
24800	T1-16	313	12.69	33.07	6.87
26870	T1-16	316	12.65	30.23	6.28
26870	T1-17	316	12.63	30.36	6.31
28930	T1-17	358	12.73	26.43	5.49
28930	T1-18	358	12.68	26.58	5.53
29600	T1-18	361	12.90	25.12	5.22
29600	T1-19	361	12.67	35.65	4.81
31000	T1-19	364	12.91	30.42	4.11
31000	T1-20	364	12.81	30.66	4.14
33070	T1-20	367	13.01	22.33	3.02
33070	T1-21	367	13.00	22.58	3.06
35130	T1-21	370	13.43	12.32	1.67
35130	T1-22	370	13.41	12.55	1.70
37200	T1-22	373	14.94	0.41	0.04

## 7.6 Stati Limite di Esercizio

### 7.6.1 Sollecitazioni, tensioni, scorrimenti e apertura fessure

Si riportano, per le sezioni di cui al paragrafo 7.2, i risultati delle tensioni, per le varie combinazioni agli stati limite di esercizio (combinazione rara, frequente e quasi permanente), con riferimento alle quattro configurazioni illustrate al medesimo paragrafo.

Per convenzione, le sollecitazioni di compressione sono riportate con segno negativo e le sollecitazioni di trazione sono riportate con segno positivo; i momenti flettenti si intendono positivi se tendono le fibre inferiori.

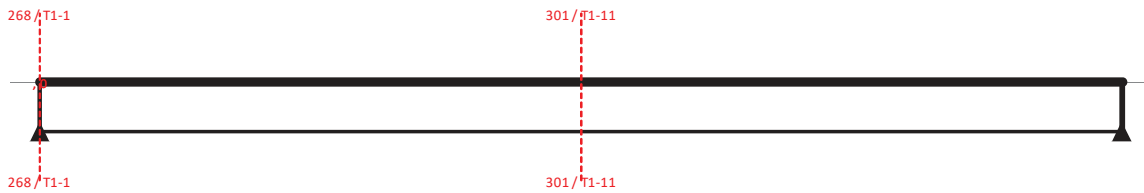
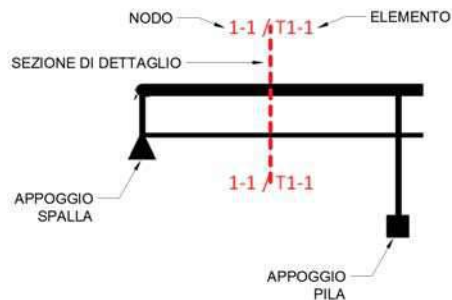


Figura 24: Sezioni di dettaglio



**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-1

Nodo

268

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{ctm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
COMB.	NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)
SLE_RR	17	0.64	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-23	26	18	-	-	-	10	-861	2163
SLE_RR	18	0.66	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-28	-1046	-25	-	-	-	-13	-1934	2148
SLE_RR	19	0.64	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-23	-342	22	-	-	-	12	-1229	2165
SLE_RR	20	0.67	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-32	-720	-51	-	-	-	-26	-1607	2139
SLE_RR	21	0.64	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-27	26	14	-	-	-	7	-861	2162
SLE_RR	22	0.66	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-32	-1046	-29	-	-	-	-15	-1934	2147
SLE_RR	23	0.64	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-27	-342	19	-	-	-	9	-1229	2164
SLE_RR	24	0.66	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-36	-720	-55	-	-	-	-29	-1607	2138

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-1

Nodo

268

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{ctm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
COMB.	NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)
SLE_FQ	25	0.66	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-7	15	10	-	-	-	12	-872	2160
SLE_FQ	26	0.67	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-9	-639	-10	-	-	-	1	-1526	2153
SLE_FQ	27	0.66	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-7	-255	13	-	-	-	13	-1142	2161
SLE_FQ	28	0.67	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-12	-401	-29	-	-	-	-9	-1288	2147
SLE_FQ	29	0.66	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-10	15	7	-	-	-	9	-872	2159
SLE_FQ	30	0.66	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-13	-639	-13	-	-	-	-1	-1526	2152
SLE_FQ	31	0.66	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-10	-255	10	-	-	-	11	-1142	2160
SLE_FQ	32	0.67	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-15	-401	-32	-	-	-	-12	-1288	2146

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-1

Nodo

268

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{ctm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
COMB.	NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)
SLE_QP	33	0.67	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	2	0	1	-	-	-	10	-887	2157
SLE_QP	34	0.67	-23	-622	-20	-3885	-265	4939	-2	0	-1	-	-	-	8	-887	2156

CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE

Asta N.

T1-1

Sezione

S01

Valori calcolati con inerzie LORDE

Nodo

268

Posizione

1

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	17	-19.98	-8.53	0.84			-27.67	34.47
		MIN	22	-19.98	-8.53	-33.63			-62.13	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	-0.79	46.46	0.22			45.88	1.22
		MIN	24	-0.79	46.46	-1.00			44.66	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	22	34.61	47.25	58.25			140.10	56.79
		MIN	21	34.61	47.25	1.46			83.31	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	22	34.60	59.48	58.24			152.32	56.78
		MIN	17	34.60	59.48	1.46			95.54	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	0.20	-58.93	-0.05			-58.79	0.12
		MIN	23	0.20	-58.93	-0.17			-58.91	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-3.98	0.00		4.65	0.67	0.03
		MIN	23		-3.98	-0.03		4.65	0.64	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.36	-63.15	-0.02			-63.53	0.17
		MIN	23	-0.36	-63.15	-0.19			-63.69	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.36	-72.11	0.05			-72.41	0.27
		MIN	23	-0.36	-72.11	-0.21			-72.68	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-4.75	0.01		4.65	-0.09	0.05
		MIN	23		-4.75	-0.04		4.65	-0.14	
Q (KN/m)	SLE_RR	MAX	17		-130.06	12.79			-117.27	525.54
		MIN	22		-130.06	-512.74			-642.81	
$w_d$ (mm)	SLE_RR	MAX	17							
		MIN	17							



**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-1

Sezione

S01

Valori calcolati con inerzie LORDE

Nodo

268

Posizione

1

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	25	-19.98	-8.53	0.47			-28.04	21.00
		MIN	30	-19.98	-8.53	-20.53			-49.04	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	-0.79	46.46	0.16			45.82	0.72
		MIN	32	-0.79	46.46	-0.56			45.10	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	30	34.61	47.25	35.56			117.41	34.74
		MIN	29	34.61	47.25	0.82			82.67	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	30	34.60	59.48	35.56			129.64	34.74
		MIN	25	34.60	59.48	0.82			94.90	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	0.20	-58.93	0.00			-58.73	0.07
		MIN	31	0.20	-58.93	-0.07			-58.81	
$\sigma_{di}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-3.98	0.00		4.65	0.67	0.02
		MIN	31		-3.98	-0.01		4.65	0.66	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.36	-63.15	0.02			-63.49	0.10
		MIN	31	-0.36	-63.15	-0.08			-63.59	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.36	-72.11	0.06			-72.40	0.16
		MIN	31	-0.36	-72.11	-0.09			-72.56	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-4.75	0.01		4.65	-0.09	0.03
		MIN	31		-4.75	-0.02		4.65	-0.12	
Q (KN/m)	SLE_FQ	MAX	25		-130.06	7.17			-122.89	320.21
		MIN	30		-130.06	-313.04			-443.10	
$w_d$ (mm)	SLE_FQ	MAX	25							
		MIN	25							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-1

Sezione

S01

Valori calcolati con inerzie LORDE

Nodo

268

Posizione

1

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-19.98	-8.53	0.00			-28.51	0.00
		MIN	34	-19.98	-8.53	0.00			-28.51	
$\sigma_{pi}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-0.79	46.46	0.03			45.69	0.06
		MIN	34	-0.79	46.46	-0.03			45.63	
$\sigma_{wi}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	34.61	47.25	0.03			81.88	
		MIN	33	34.61	47.25	0.03			81.88	
$\sigma_{ws}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	34.60	59.48	0.01			94.08	
		MIN	33	34.60	59.48	0.01			94.08	
$\sigma_{ps}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	0.20	-58.93	0.01			-58.73	0.01
		MIN	34	0.20	-58.93	-0.01			-58.74	
$\sigma_{ci}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33		-3.98	0.00		4.65	0.67	0.00
		MIN	34		-3.98	0.00		4.65	0.67	
$\sigma_{si}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-0.36	-63.15	0.00			-63.50	0.01
		MIN	34	-0.36	-63.15	0.00			-63.51	
$\sigma_{ss}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-0.36	-72.11	0.00			-72.46	0.00
		MIN	34	-0.36	-72.11	0.00			-72.47	
$\sigma_{cs}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33		-4.75	0.00		4.65	-0.10	0.00
		MIN	34		-4.75	0.00		4.65	-0.10	
Q (KN/m)	SLE_QP	MAX	33		-130.06	0.00			-130.06	0.00
		MIN	34		-130.06	0.00			-130.06	
$w_d$ (mm)	SLE_QP	MAX	33							
		MIN	33							

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-11

Nodo

301

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{ctm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
COMB.	NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)
SLE_RR	17	-2.61	-23	1	5810	-3885	5	7765	-63	406	5987	-	-	-	3420	412	11146
SLE_RR	18	-2.89	-23	1	5810	-3885	5	7765	-64	-398	6646	-	-	-	3722	-392	11364
SLE_RR	19	-3.73	-23	1	5810	-3885	5	7765	-66	-130	8630	-	-	-	4632	-124	12021
SLE_RR	20	-0.02	-23	1	5810	-3885	5	7765	-58	6	-120	-	-	-	619	11	9123
SLE_RR	21	-2.61	-23	1	5810	-3885	5	7765	-67	406	5984	-	-	-	3417	412	11145
SLE_RR	22	-2.89	-23	1	5810	-3885	5	7765	-68	-398	6643	-	-	-	3719	-392	11363
SLE_RR	23	-3.73	-23	1	5810	-3885	5	7765	-70	-130	8627	-	-	-	4629	-124	12020
SLE_RR	24	-0.02	-23	1	5810	-3885	5	7765	-62	6	-123	-	-	-	617	11	9122

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-11

Nodo

301

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{ctm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
COMB.	NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)
SLE_FQ	25	-1.69	-23	1	5810	-3885	5	7765	-22	265	3888	-	-	-	2473	271	10451
SLE_FQ	26	-1.88	-23	1	5810	-3885	5	7765	-22	-260	4335	-	-	-	2677	-254	10599
SLE_FQ	27	-2.25	-23	1	5810	-3885	5	7765	-23	-97	5197	-	-	-	3073	-91	10884
SLE_FQ	28	-0.02	-23	1	5810	-3885	5	7765	-18	4	-67	-	-	-	659	10	9141
SLE_FQ	29	-1.7	-23	1	5810	-3885	5	7765	-25	265	3886	-	-	-	2470	271	10450
SLE_FQ	30	-1.89	-23	1	5810	-3885	5	7765	-26	-260	4332	-	-	-	2675	-254	10598
SLE_FQ	31	-2.25	-23	1	5810	-3885	5	7765	-26	-97	5194	-	-	-	3070	-91	10883
SLE_FQ	32	-0.02	-23	1	5810	-3885	5	7765	-22	4	-69	-	-	-	657	10	9140

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N.

T1-11

Nodo

301

(\*) tensione di compressione nella soletta comprensiva di ritiro isostatico  
(limite superiore pari a  $f_{ctm,05}/1.5$ )

TIPO	COMB.	$\sigma_{ci,comb}^*$	SOLO ACCIAIO			ACCIAIO+SOL T=INF			ACCIAIO+SOL T=0			ACCIAIO+ARM.SOL.			TOT. SU TR. ACCIAIO		
COMB.	NUM.	N/mm <sup>2</sup>	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)	N(KN)	V(KN)	M(KNm)
SLE_QP	33	-0.03	-23	1	5810	-3885	5	7765	2	0	1	-	-	-	698	6	9163
SLE_QP	34	-0.03	-23	1	5810	-3885	5	7765	-2	0	-1	-	-	-	695	6	9162

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-11

Sezione

S03

Valori calcolati con inerzie LORDE

Nodo

301

Posizione

22

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	17	0.03	0.16	13.24			13.43	26.24
		MIN	22	0.03	0.16	-13.00			-12.81	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	78.17	53.84	85.36			217.37	86.87
		MIN	24	78.17	53.84	-1.50			130.51	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	72.31	50.45	82.80			205.56	81.35
		MIN	20	72.31	50.45	1.45			124.20	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	22	132.05	67.50	26.50			226.05	26.19
		MIN	20	132.05	67.50	0.32			199.86	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-135.25	-69.34	0.01			-204.59	19.65
		MIN	23	-135.25	-69.34	-19.64			-224.24	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-4.68	0.01		4.65	-0.02	3.71
		MIN	23		-4.68	-3.70		4.65	-3.73	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.28	-74.27	0.07			-74.48	23.91
		MIN	23	-0.28	-74.27	-23.84			-98.39	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.28	-84.74	0.19			-84.83	32.95
		MIN	23	-0.28	-84.74	-32.76			-117.78	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-5.58	0.04		4.65	-0.90	5.65
		MIN	23		-5.58	-5.62		4.65	-6.55	
Q (KN/m)	SLE_RR	MAX	17		2.27	186.17			188.43	368.97
		MIN	22		2.27	-182.80			-180.54	
$w_d$ (mm)	SLE_RR	MAX	17							
		MIN	17							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-11

Sezione

S03

Valori calcolati con inerzie LORDE

Nodo

301

Posizione

22

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	25	0.03	0.16	8.66			8.85	17.15
		MIN	30	0.03	0.16	-8.49			-8.30	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	78.17	53.84	51.48			183.49	52.27
		MIN	32	78.17	53.84	-0.79			131.22	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	72.31	50.45	50.04			172.80	49.29
		MIN	28	72.31	50.45	0.75			123.51	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	30	132.05	67.50	17.26			216.80	17.04
		MIN	32	132.05	67.50	0.22			199.77	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-135.25	-69.34	0.07			-204.53	11.82
		MIN	31	-135.25	-69.34	-11.76			-216.35	
$\sigma_{di}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-4.68	0.01		4.65	-0.02	2.23
		MIN	31		-4.68	-2.22		4.65	-2.25	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.28	-74.27	0.10			-74.45	14.38
		MIN	31	-0.28	-74.27	-14.28			-88.83	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.28	-84.74	0.17			-84.85	19.82
		MIN	31	-0.28	-84.74	-19.66			-104.67	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-5.58	0.03		4.65	-0.90	3.40
		MIN	31		-5.58	-3.37		4.65	-4.31	
Q (KN/m)	SLE_FQ	MAX	25		2.27	121.80			124.06	241.16
		MIN	30		2.27	-119.36			-117.10	
$w_d$ (mm)	SLE_FQ	MAX	25							
		MIN	25							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-11

Sezione

S03

Valori calcolati con inerzie LORDE

Nodo

301

Posizione

22

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO L T=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	0.03	0.16	0.00			0.19	0.00
		MIN	34	0.03	0.16	0.00			0.19	
$\sigma_{pi}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	78.17	53.84	0.02			132.03	0.04
		MIN	34	78.17	53.84	-0.02			131.99	
$\sigma_{wi}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	72.31	50.45	0.02			122.77	
		MIN	33	72.31	50.45	0.02			122.77	
$\sigma_{ws}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	132.05	67.50	0.00			199.55	
		MIN	33	132.05	67.50	0.00			199.55	
$\sigma_{ps}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-135.25	-69.34	0.00			-204.59	0.01
		MIN	34	-135.25	-69.34	0.00			-204.60	
$\sigma_{ci}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33		-4.68	0.00		4.65	-0.03	0.00
		MIN	34		-4.68	0.00		4.65	-0.03	
$\sigma_{si}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-0.28	-74.27	0.00			-74.54	0.01
		MIN	34	-0.28	-74.27	0.00			-74.55	
$\sigma_{ss}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-0.28	-84.74	0.00			-85.01	0.01
		MIN	34	-0.28	-84.74	0.00			-85.02	
$\sigma_{cs}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33		-5.58	0.00		4.65	-0.93	0.00
		MIN	34		-5.58	0.00		4.65	-0.93	
Q (KN/m)	SLE_QP	MAX	33		2.27	0.00			2.27	0.00
		MIN	34		2.27	0.00			2.27	
$w_d$ (mm)	SLE_QP	MAX	33							
		MIN	33							

## 7.6.2 Verifiche calcestruzzo soletta

Di seguito si riportano i grafici delle tensioni massime e minime agli stati limite di esercizio, presenti sul calcestruzzo della soletta, al lembo superiore e inferiore, in particolare:

$\sigma_{cs,max}$ ;  $\sigma_{cs, min}$  sono i valori massimi e minimi nel calcestruzzo (lembo superiore);  
 $\sigma_{ci,max}$ ;  $\sigma_{ci, min}$  sono i valori massimi e minimi nel calcestruzzo (lembo superiore).

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma$  deve rispettare la limitazione seguente, in accordo al paragrafo 4.1.2.2.5.1 della norma:

$\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 0.60 \times 32 = 19.2 \text{ N/mm}^2$  per combinazione caratteristica (rara);  
 $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 0.45 \times 32 = 14.4 \text{ N/mm}^2$  per combinazione quasi permanente.

Seguono i grafici delle suddette grandezze, in cui i valori sono normalizzati rispetto ai valori resistenti delle tensioni.

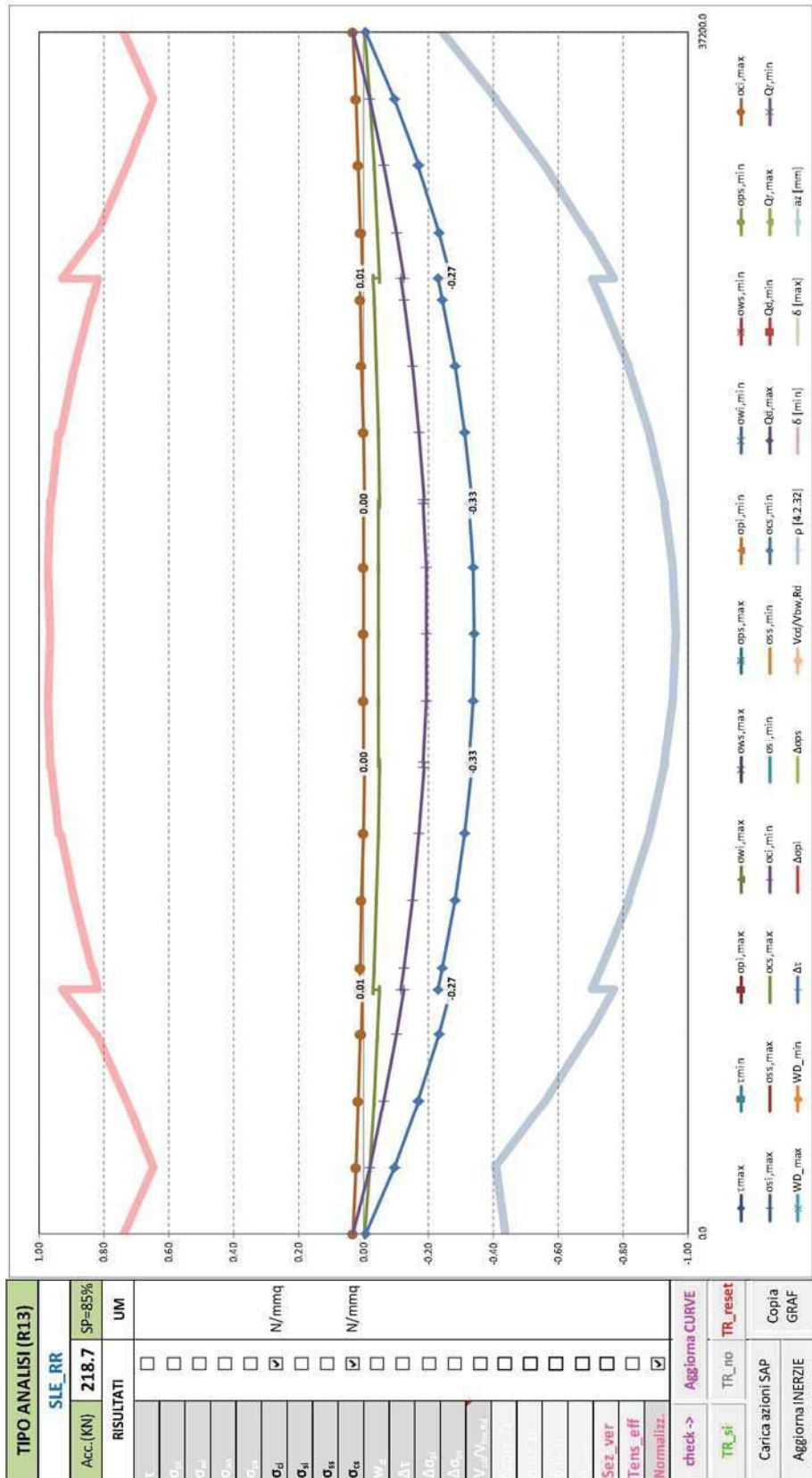
Le verifiche si intendono soddisfatte se tutti i valori del grafico sono minori di 1 (tensione sollecitante minore della tensione resistente).

I quattro grafici seguenti, dunque, si riferiscono rispettivamente a:

- Combinazione caratteristica (rara) - valori normalizzati delle tensioni nel calcestruzzo;
- Combinazione caratteristica (rara) - valori massimi e minimi delle tensioni nel calcestruzzo;
- Combinazione quasi permanente - valori normalizzati delle tensioni nell'acciaio.
- Combinazione quasi permanente - valori massimi e minimi delle tensioni nell'acciaio;

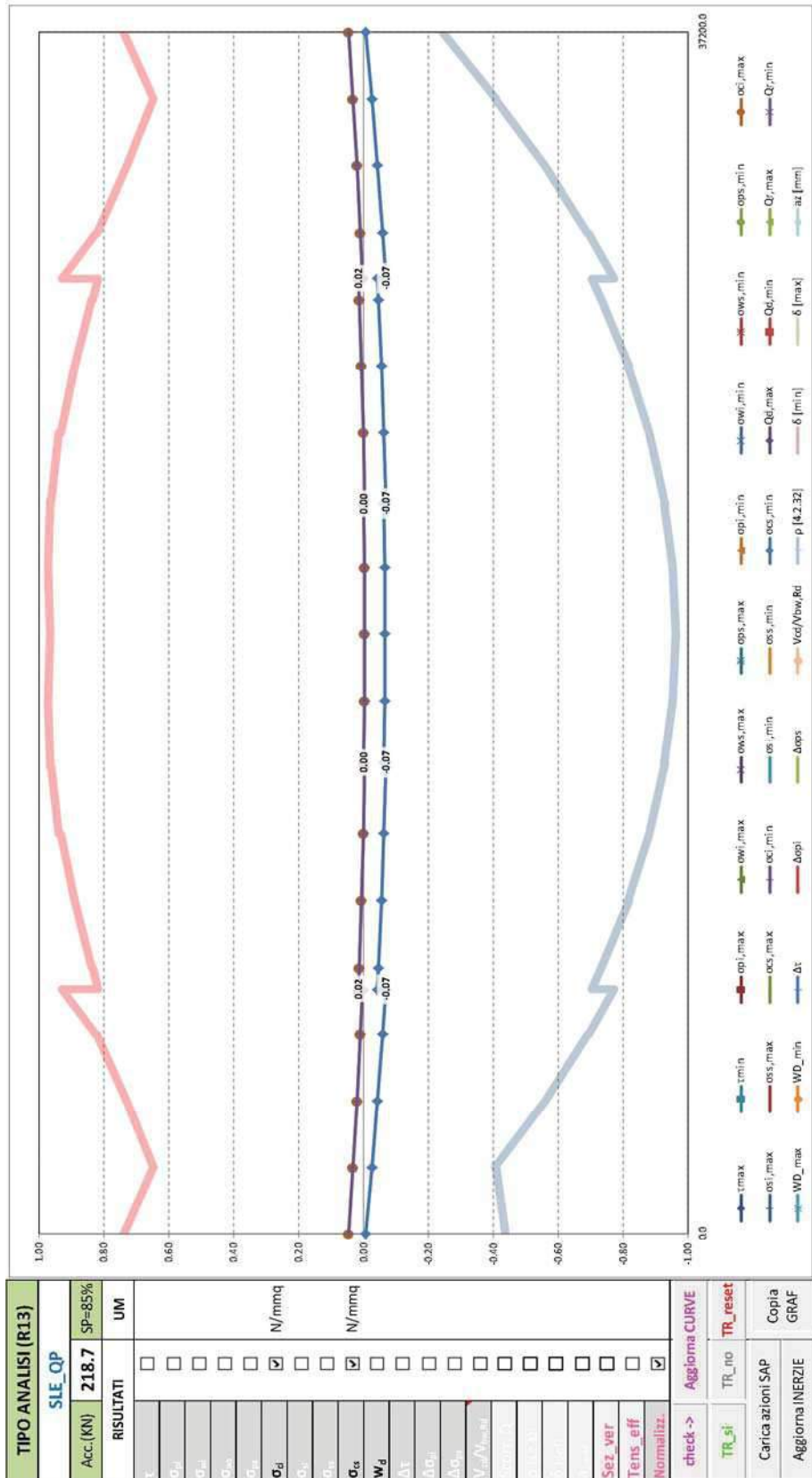
Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.

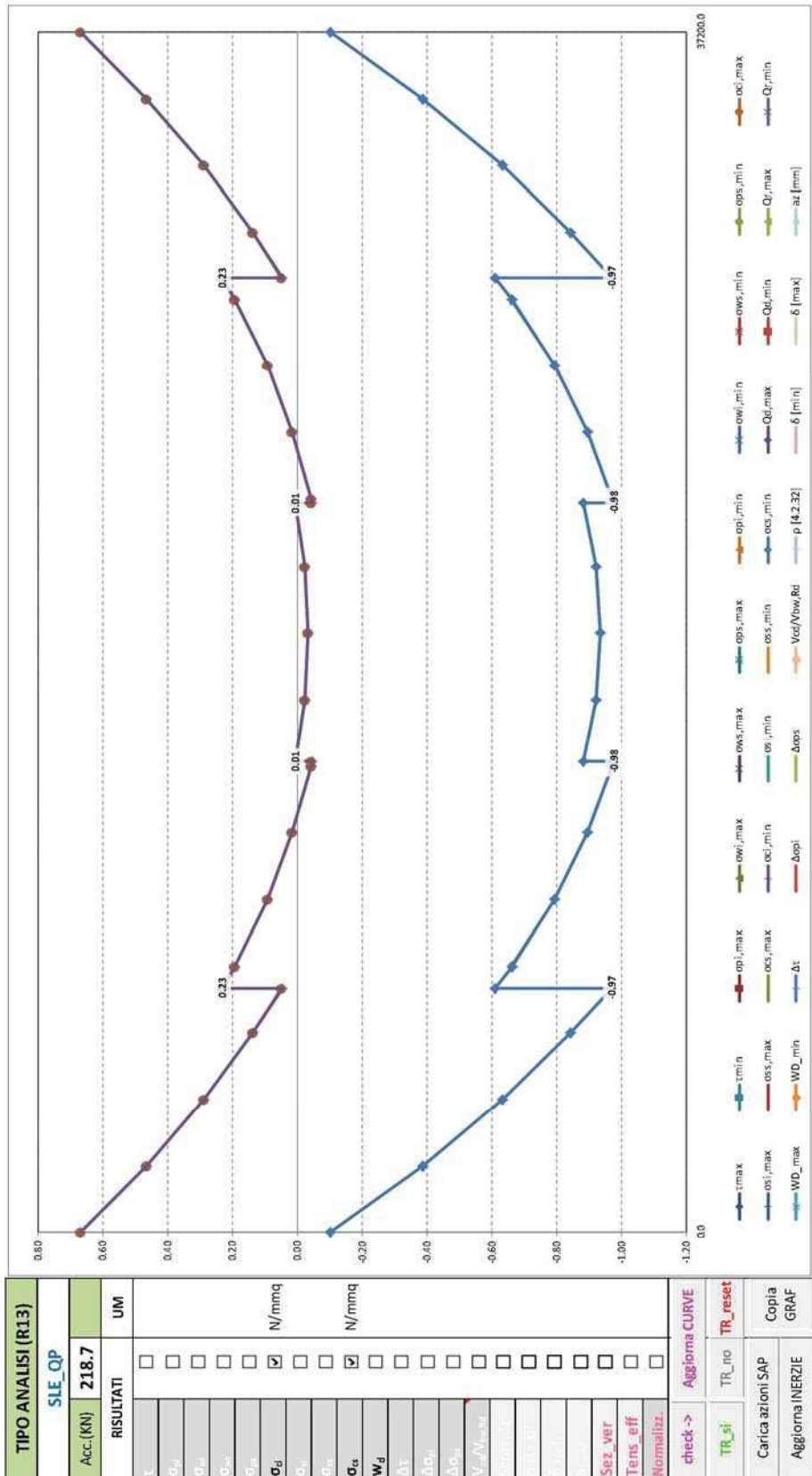






TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLE_RR				
X(mm)	elem	Nodo	$\sigma_{ci,max}$	$\sigma_{cs,max}$	$\sigma_{ci,min}$	$\sigma_{cs,min}$
0	T1-1	268	0.67	-0.09	0.64	-0.14
2070	T1-1	271	0.46	-0.38	-0.36	-1.81
2070	T1-2	271	0.46	-0.38	-0.35	-1.80
4130	T1-2	274	0.30	-0.60	-1.21	-3.24
4130	T1-3	274	0.30	-0.61	-1.20	-3.22
6200	T1-3	277	0.16	-0.79	-1.93	-4.44
6200	T1-4	277	0.14	-0.81	-1.94	-4.44
7600	T1-4	280	0.05	-0.93	-2.38	-5.17
7600	T1-5	280	0.24	-0.58	-2.22	-4.40
8270	T1-5	283	0.20	-0.63	-2.40	-4.67
8270	T1-6	283	0.20	-0.63	-2.39	-4.66
10330	T1-6	286	0.10	-0.76	-2.89	-5.42
10330	T1-7	286	0.10	-0.76	-2.89	-5.40
12400	T1-7	289	0.03	-0.85	-3.27	-5.98
12400	T1-8	289	0.02	-0.86	-3.27	-5.98
14470	T1-8	292	-0.04	-0.94	-3.55	-6.40
14470	T1-9	292	-0.04	-0.94	-3.55	-6.40
14600	T1-9	295	-0.04	-0.95	-3.57	-6.43
14600	T1-10	295	0.01	-0.85	-3.53	-6.25
16530	T1-10	298	-0.02	-0.89	-3.68	-6.47
16530	T1-11	298	-0.02	-0.89	-3.68	-6.47
18600	T1-11	301	-0.02	-0.90	-3.73	-6.55
18600	T1-12	301	-0.02	-0.90	-3.73	-6.55
20670	T1-12	304	-0.02	-0.89	-3.68	-6.47
20670	T1-13	304	-0.02	-0.89	-3.68	-6.47
22600	T1-13	307	0.01	-0.85	-3.53	-6.25
22600	T1-14	307	-0.04	-0.95	-3.57	-6.43
22730	T1-14	310	-0.04	-0.94	-3.55	-6.40
22730	T1-15	310	-0.04	-0.94	-3.55	-6.40
24800	T1-15	313	0.02	-0.86	-3.27	-5.98
24800	T1-16	313	0.03	-0.85	-3.27	-5.98
26870	T1-16	316	0.10	-0.76	-2.89	-5.40
26870	T1-17	316	0.10	-0.76	-2.89	-5.42
28930	T1-17	358	0.20	-0.63	-2.39	-4.66
28930	T1-18	358	0.20	-0.63	-2.40	-4.67
29600	T1-18	361	0.24	-0.58	-2.22	-4.40
29600	T1-19	361	0.05	-0.93	-2.38	-5.17
31000	T1-19	364	0.14	-0.81	-1.94	-4.44
31000	T1-20	364	0.16	-0.79	-1.93	-4.44
33070	T1-20	367	0.30	-0.61	-1.20	-3.22
33070	T1-21	367	0.30	-0.60	-1.21	-3.24
35130	T1-21	370	0.46	-0.38	-0.35	-1.80
35130	T1-22	370	0.46	-0.38	-0.36	-1.81
37200	T1-22	373	0.67	-0.09	0.64	-0.14





TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLE_QP				
X(mm)	elem	Nodo	σci,max	σcs,max	σci,min	σcs,min
0	T1-1	268	0.67	-0.10	0.67	-0.10
2070	T1-1	271	0.47	-0.39	0.46	-0.39
2070	T1-2	271	0.47	-0.39	0.46	-0.39
4130	T1-2	274	0.29	-0.63	0.29	-0.63
4130	T1-3	274	0.29	-0.63	0.29	-0.63
6200	T1-3	277	0.14	-0.84	0.14	-0.84
6200	T1-4	277	0.14	-0.84	0.14	-0.84
7600	T1-4	280	0.05	-0.97	0.05	-0.97
7600	T1-5	280	0.23	-0.61	0.23	-0.61
8270	T1-5	283	0.19	-0.66	0.19	-0.66
8270	T1-6	283	0.19	-0.66	0.19	-0.66
10330	T1-6	286	0.09	-0.79	0.09	-0.79
10330	T1-7	286	0.09	-0.79	0.09	-0.79
12400	T1-7	289	0.02	-0.89	0.02	-0.89
12400	T1-8	289	0.02	-0.89	0.02	-0.89
14470	T1-8	292	-0.04	-0.97	-0.04	-0.97
14470	T1-9	292	-0.04	-0.97	-0.04	-0.97
14600	T1-9	295	-0.04	-0.97	-0.05	-0.98
14600	T1-10	295	0.01	-0.88	0.01	-0.88
16530	T1-10	298	-0.02	-0.92	-0.02	-0.92
16530	T1-11	298	-0.02	-0.92	-0.02	-0.92
18600	T1-11	301	-0.03	-0.93	-0.03	-0.93
18600	T1-12	301	-0.03	-0.93	-0.03	-0.93
20670	T1-12	304	-0.02	-0.92	-0.02	-0.92
20670	T1-13	304	-0.02	-0.92	-0.02	-0.92
22600	T1-13	307	0.01	-0.88	0.01	-0.88
22600	T1-14	307	-0.04	-0.97	-0.05	-0.98
22730	T1-14	310	-0.04	-0.97	-0.04	-0.97
22730	T1-15	310	-0.04	-0.97	-0.04	-0.97
24800	T1-15	313	0.02	-0.89	0.02	-0.89
24800	T1-16	313	0.02	-0.89	0.02	-0.89
26870	T1-16	316	0.09	-0.79	0.09	-0.79
26870	T1-17	316	0.09	-0.79	0.09	-0.79
28930	T1-17	358	0.19	-0.66	0.19	-0.66
28930	T1-18	358	0.19	-0.66	0.19	-0.66
29600	T1-18	361	0.23	-0.61	0.23	-0.61
29600	T1-19	361	0.05	-0.97	0.05	-0.97
31000	T1-19	364	0.14	-0.84	0.14	-0.84
31000	T1-20	364	0.14	-0.84	0.14	-0.84
33070	T1-20	367	0.29	-0.63	0.29	-0.63
33070	T1-21	367	0.29	-0.63	0.29	-0.63
35130	T1-21	370	0.47	-0.39	0.46	-0.39
35130	T1-22	370	0.47	-0.39	0.46	-0.39
37200	T1-22	373	0.67	-0.10	0.67	-0.10



### 7.6.3 Verifiche armatura longitudinale soletta

Di seguito si riportano i grafici delle tensioni massime e minime agli stati limite di esercizio presenti sull'armatura longitudinale superiore e inferiore della soletta, in particolare:

$\sigma_{ss,max}$ ;  $\sigma_{ss, min}$  sono i valori massimi e minimi nell'armatura superiore;

$\sigma_{si,max}$ ;  $\sigma_{si, min}$  sono i valori massimi e minimi nell'armatura inferiore.

La massima tensione  $\sigma_s$  deve rispettare la limitazione seguente, in accordo al paragrafo 4.1.2.2.5.2 della norma:

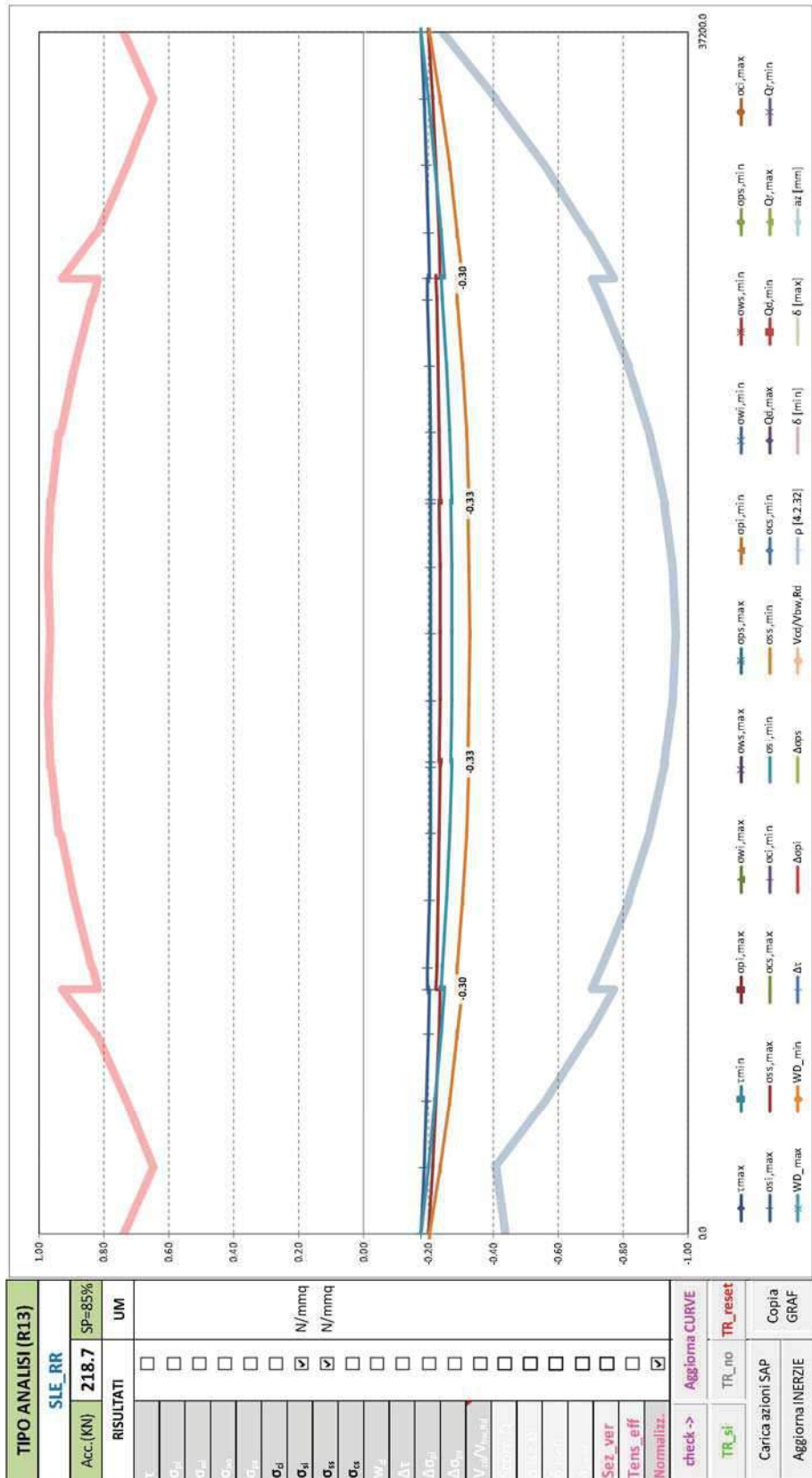
$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 0.80 \times 450 = 360 \text{ N/mm}^2$$

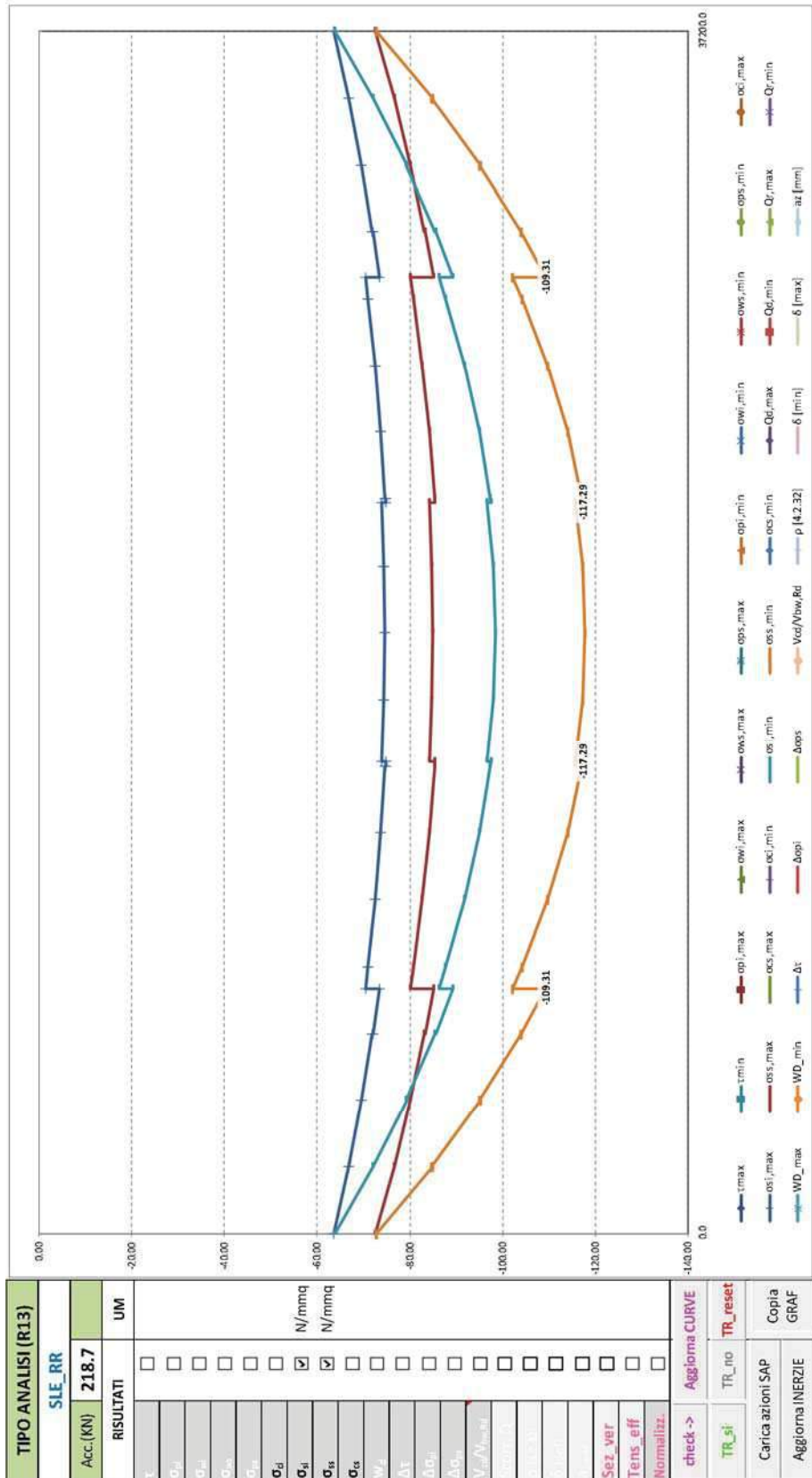
Nel secondo grafico si riportano, delle suddette grandezze, i valori normalizzati rispetto ai valori resistenti delle tensioni.

Le verifiche si intendono soddisfatte se tutti i valori del grafico sono minori di 1.0 (tensione sollecitante minore della tensione resistente).

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.







TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLE_RR				
X(mm)	elem	Nodo	osi,max	oss,max	osi,min	oss,min
0	T1-1	268	-63.53	-72.41	-63.69	-72.68
2070	T1-1	271	-66.78	-76.62	-72.14	-84.83
2070	T1-2	271	-66.81	-76.66	-72.08	-84.73
4130	T1-2	274	-69.51	-80.11	-79.34	-95.18
4130	T1-3	274	-69.53	-80.14	-79.27	-95.07
6200	T1-3	277	-71.84	-83.08	-85.43	-103.93
6200	T1-4	277	-71.98	-83.24	-85.48	-103.94
7600	T1-4	280	-73.40	-85.06	-89.21	-109.31
7600	T1-5	280	-70.33	-80.01	-86.16	-102.18
8270	T1-5	283	-70.92	-80.74	-87.69	-104.22
8270	T1-6	283	-70.94	-80.76	-87.63	-104.13
10330	T1-6	286	-72.50	-82.68	-91.83	-109.76
10330	T1-7	286	-72.51	-82.70	-91.78	-109.68
12400	T1-7	289	-73.68	-84.13	-94.98	-113.97
12400	T1-8	289	-73.76	-84.22	-95.00	-113.97
14470	T1-8	292	-74.68	-85.36	-97.35	-117.11
14470	T1-9	292	-74.69	-85.38	-97.32	-117.06
14600	T1-9	295	-74.74	-85.43	-97.48	-117.29
14600	T1-10	295	-73.88	-84.10	-96.69	-115.54
16530	T1-10	298	-74.35	-84.67	-97.94	-117.19
16530	T1-11	298	-74.36	-84.68	-97.93	-117.17
18600	T1-11	301	-74.48	-84.83	-98.39	-117.78
18600	T1-12	301	-74.48	-84.83	-98.39	-117.78
20670	T1-12	304	-74.36	-84.68	-97.93	-117.17
20670	T1-13	304	-74.35	-84.67	-97.94	-117.19
22600	T1-13	307	-73.88	-84.10	-96.69	-115.54
22600	T1-14	307	-74.74	-85.43	-97.48	-117.29
22730	T1-14	310	-74.69	-85.38	-97.32	-117.06
22730	T1-15	310	-74.68	-85.36	-97.35	-117.11
24800	T1-15	313	-73.76	-84.22	-95.00	-113.97
24800	T1-16	313	-73.68	-84.13	-94.98	-113.97
26870	T1-16	316	-72.51	-82.70	-91.78	-109.68
26870	T1-17	316	-72.50	-82.68	-91.83	-109.76
28930	T1-17	358	-70.94	-80.76	-87.63	-104.13
28930	T1-18	358	-70.92	-80.74	-87.69	-104.22
29600	T1-18	361	-70.33	-80.01	-86.16	-102.18
29600	T1-19	361	-73.40	-85.06	-89.21	-109.31
31000	T1-19	364	-71.98	-83.24	-85.48	-103.94
31000	T1-20	364	-71.84	-83.08	-85.43	-103.93
33070	T1-20	367	-69.53	-80.14	-79.27	-95.07
33070	T1-21	367	-69.51	-80.11	-79.34	-95.18
35130	T1-21	370	-66.81	-76.66	-72.08	-84.73
35130	T1-22	370	-66.78	-76.62	-72.14	-84.83
37200	T1-22	373	-63.53	-72.41	-63.69	-72.68

#### 7.6.4 Verifica dell'apertura delle fessure

Di seguito si riportano i grafici relativi all'apertura delle fessure, in particolare:

$w_{D\_max}$ ;  $w_{D\_min}$  sono i valori massimi e minimi di apertura delle fessure.

In accordo al paragrafo 4.1.2.2.4.6 della norma, il valore di calcolo di apertura delle fessure è pari a:

$$w_d = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{smax}$$

Dove  $\Delta_{smax}$  è la distanza massima tra le fessure

La deformazione unitaria media delle barre  $\varepsilon_{sm}$  può essere calcolata con l'espressione:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_c \cdot \rho_{eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

In cui:

$\sigma_s$  è la tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata;

$\alpha_c$  è il rapporto  $E_s/E_{cm}$ ;

$\rho_{eff}$  è pari a  $A_s/A_{c,eff}$ ;

$A_{c,eff}$  è l'area di calcestruzzo efficace teso attorno all'armatura;

$k_t$  è un fattore dipendente dalla durata del carico e vale:

0.4 per carichi di lunga durata

La distanza massima tra le fessure  $\Delta_{smax}$  è stata valutata con l'espressione:

$$\Delta_{smax} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \frac{\phi}{\rho_{eff}}$$

In cui:

$\phi$  è il diametro delle barre;

$c$  è il ricoprimento delle armature;

$k_1$  = 0.8 per barre ad aderenza migliorata

$k_2$  = 1 (0.5 nel caso di flessione; 1 nel caso di trazione semplice)

$k_3$  = 3.4

$k_4$  = 0.425

Il valore di calcolo di apertura delle fessure non deve superare i seguenti valori nominali (Tab. 4.1.IV della Normativa, con condizioni ambientali ordinarie; armatura poco sensibile, secondo quanto prescritto al paragrafo 5.1.4.4):

combinazione frequente:

$$w_d \leq w_{lim} = 0.4 \text{ mm}$$

combinazione quasi permanente:

$$w_d \leq w_{lim} = 0.3 \text{ mm}$$

Nel primo grafico si riportano, delle suddette grandezze, i valori normalizzati rispetto ai valori resistenti delle tensioni.

Le verifiche si intendono soddisfatte se tutti i valori del grafico sono minori di 1.0.

I quattro grafici seguenti, dunque, si riferiscono rispettivamente a:

Combinazione frequente - valori normalizzati delle fessure;

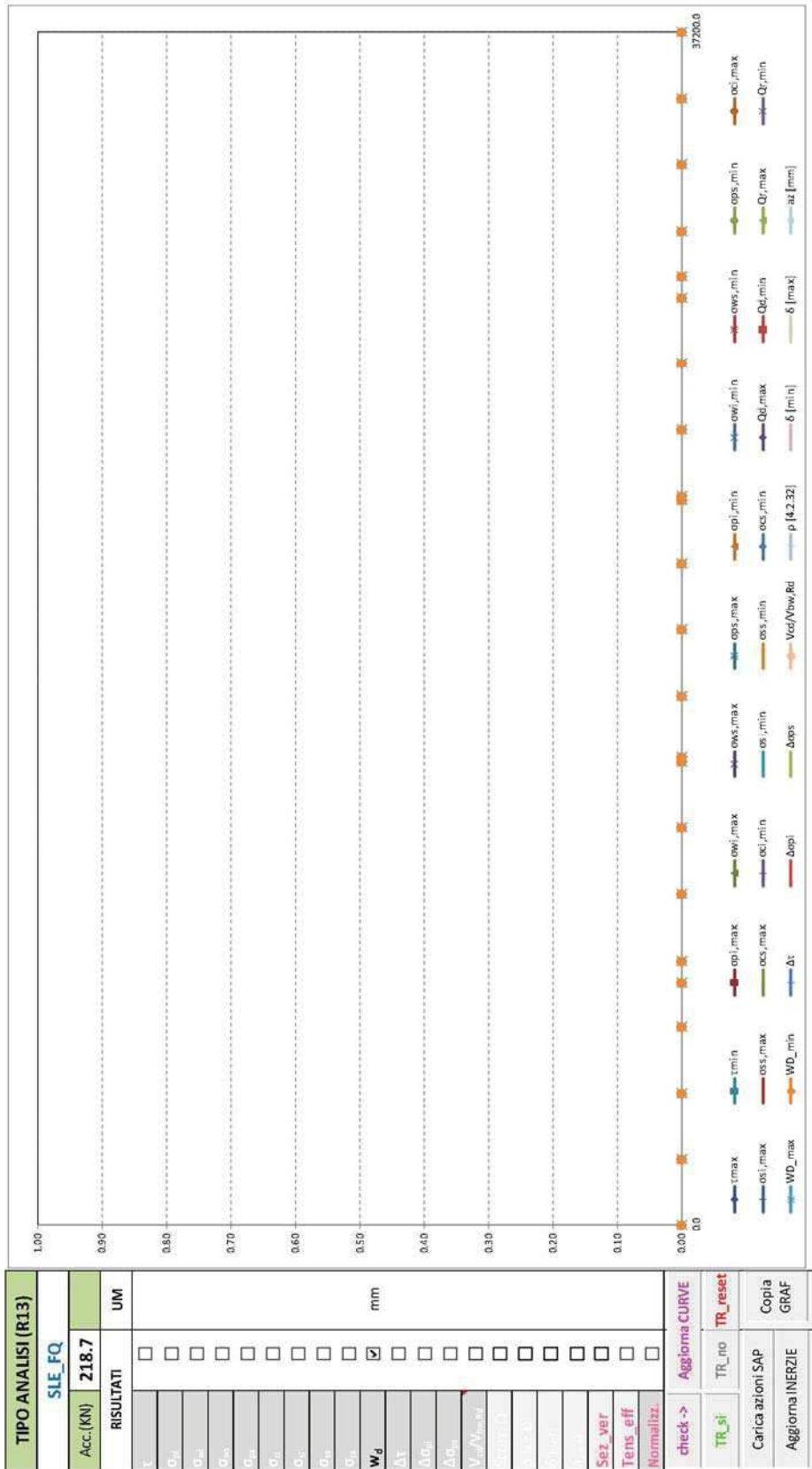
Combinazione frequente – dimensione delle fessure;

Combinazione quasi permanente - valori normalizzati delle fessure.

Combinazione quasi permanente - dimensione delle fessure;

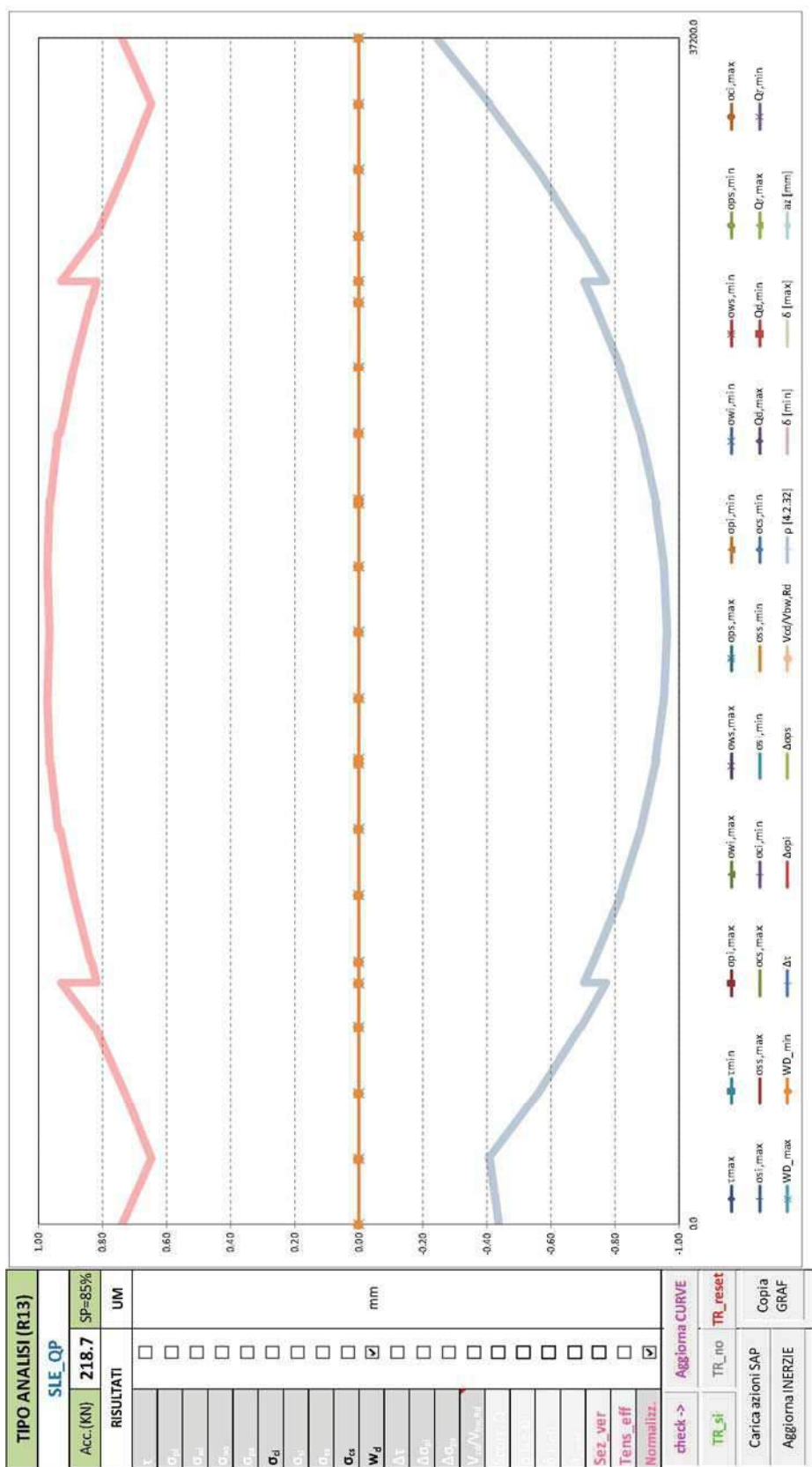
Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.







TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLE_FQ		
X(mm)	elem	Nodo	WD_max	WD_min
0	T1-1	268	0.00	0.00
2070	T1-1	271	0.00	0.00
2070	T1-2	271	0.00	0.00
4130	T1-2	274	0.00	0.00
4130	T1-3	274	0.00	0.00
6200	T1-3	277	0.00	0.00
6200	T1-4	277	0.00	0.00
7600	T1-4	280	0.00	0.00
7600	T1-5	280	0.00	0.00
8270	T1-5	283	0.00	0.00
8270	T1-6	283	0.00	0.00
10330	T1-6	286	0.00	0.00
10330	T1-7	286	0.00	0.00
12400	T1-7	289	0.00	0.00
12400	T1-8	289	0.00	0.00
14470	T1-8	292	0.00	0.00
14470	T1-9	292	0.00	0.00
14600	T1-9	295	0.00	0.00
14600	T1-10	295	0.00	0.00
16530	T1-10	298	0.00	0.00
16530	T1-11	298	0.00	0.00
18600	T1-11	301	0.00	0.00
18600	T1-12	301	0.00	0.00
20670	T1-12	304	0.00	0.00
20670	T1-13	304	0.00	0.00
22600	T1-13	307	0.00	0.00
22600	T1-14	307	0.00	0.00
22730	T1-14	310	0.00	0.00
22730	T1-15	310	0.00	0.00
24800	T1-15	313	0.00	0.00
24800	T1-16	313	0.00	0.00
26870	T1-16	316	0.00	0.00
26870	T1-17	316	0.00	0.00
28930	T1-17	358	0.00	0.00
28930	T1-18	358	0.00	0.00
29600	T1-18	361	0.00	0.00
29600	T1-19	361	0.00	0.00
31000	T1-19	364	0.00	0.00
31000	T1-20	364	0.00	0.00
33070	T1-20	367	0.00	0.00
33070	T1-21	367	0.00	0.00
35130	T1-21	370	0.00	0.00
35130	T1-22	370	0.00	0.00
37200	T1-22	373	0.00	0.00





TABULATO CURVE		TIPO ANALISI SLE_QP		
X(mm)	elem	Nodo	WD_max	WD_min
0	T1-1	268	0.00	0.00
2070	T1-1	271	0.00	0.00
2070	T1-2	271	0.00	0.00
4130	T1-2	274	0.00	0.00
4130	T1-3	274	0.00	0.00
6200	T1-3	277	0.00	0.00
6200	T1-4	277	0.00	0.00
7600	T1-4	280	0.00	0.00
7600	T1-5	280	0.00	0.00
8270	T1-5	283	0.00	0.00
8270	T1-6	283	0.00	0.00
10330	T1-6	286	0.00	0.00
10330	T1-7	286	0.00	0.00
12400	T1-7	289	0.00	0.00
12400	T1-8	289	0.00	0.00
14470	T1-8	292	0.00	0.00
14470	T1-9	292	0.00	0.00
14600	T1-9	295	0.00	0.00
14600	T1-10	295	0.00	0.00
16530	T1-10	298	0.00	0.00
16530	T1-11	298	0.00	0.00
18600	T1-11	301	0.00	0.00
18600	T1-12	301	0.00	0.00
20670	T1-12	304	0.00	0.00
20670	T1-13	304	0.00	0.00
22600	T1-13	307	0.00	0.00
22600	T1-14	307	0.00	0.00
22730	T1-14	310	0.00	0.00
22730	T1-15	310	0.00	0.00
24800	T1-15	313	0.00	0.00
24800	T1-16	313	0.00	0.00
26870	T1-16	316	0.00	0.00
26870	T1-17	316	0.00	0.00
28930	T1-17	358	0.00	0.00
28930	T1-18	358	0.00	0.00
29600	T1-18	361	0.00	0.00
29600	T1-19	361	0.00	0.00
31000	T1-19	364	0.00	0.00
31000	T1-20	364	0.00	0.00
33070	T1-20	367	0.00	0.00
33070	T1-21	367	0.00	0.00
35130	T1-21	370	0.00	0.00
35130	T1-22	370	0.00	0.00
37200	T1-22	373	0.00	0.00

### 7.6.5 Verifiche a deformazione

Si riporta di seguito il grafico relativo ai valori di deformazione verticale massima e minima dell'impalcato considerando agenti i soli carichi variabili da traffico e la variazione termica differenziale.

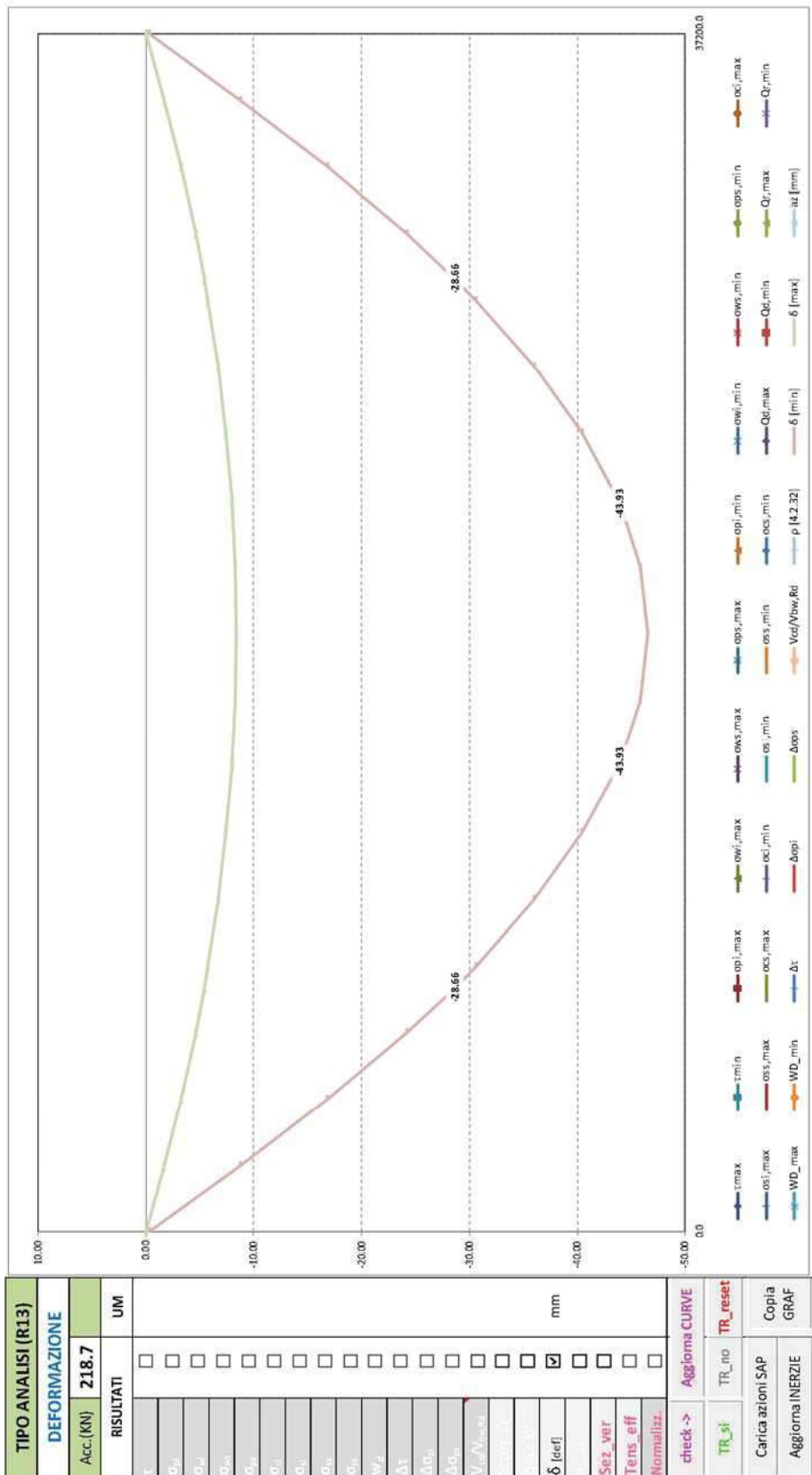
La deformazione verticale massima ammissibile per ciascuna campata è pari ad  $1/400$  della grandezza  $L_0$  che si intende pari alla luce della campata, per le travate appoggiate e per le campate esterne di travate continue, mentre si assume pari a  $0.7$  della luce per le campate interne di travate continue.

Le verifiche di deformazione si intendono pertanto soddisfatte, risultando verificata la seguente disequaglianza:

$$\delta_{\text{vert,max}} < L_0/400$$

$$\text{Campata 1} \quad \delta_{\text{vert,max}} = 46.5 < 37200/400 = 93 \text{ mm}$$

Segue il relativo tabulato di dettaglio ove la deformata espressa in [mm] e relativa al nodo di mezzzeria della campata è evidenziata in arancione.



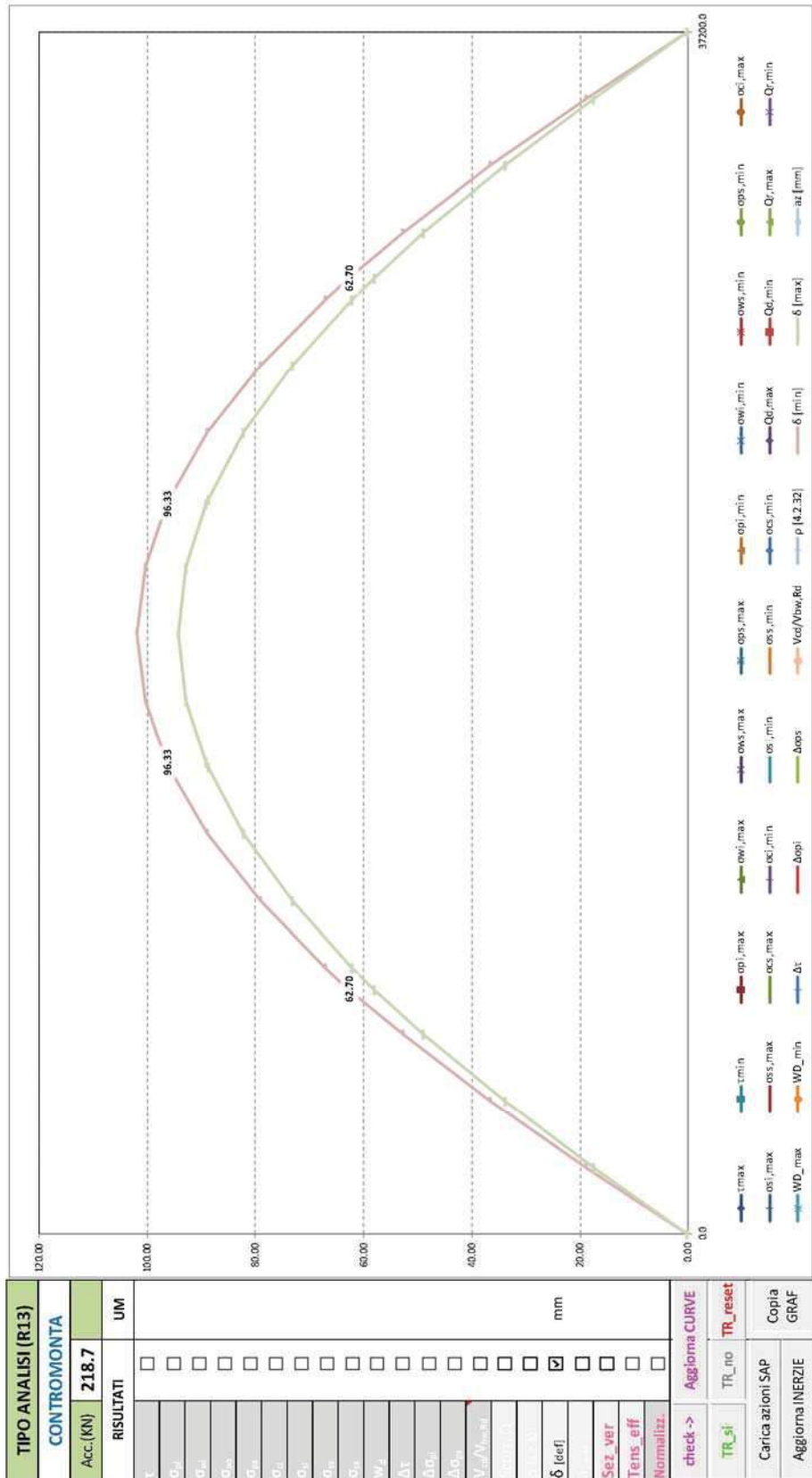
TABULATO CURVE		TIPO ANALISI DEFORMAZIONE		
X[mm]	elem	Nodo	$\delta$ [min]	$\delta$ [max]
0	T1-1	268	-0.31	0.01
2070	T1-1	271	-8.82	-1.76
2070	T1-2	271	-8.82	-1.76
4130	T1-2	274	-16.86	-3.30
4130	T1-3	274	-16.86	-3.30
6200	T1-3	277	-24.21	-4.64
6200	T1-4	277	-24.21	-4.64
7600	T1-4	280	-28.66	-5.44
7600	T1-5	280	-28.66	-5.44
8270	T1-5	283	-30.63	-5.78
8270	T1-6	283	-30.63	-5.78
10330	T1-6	286	-36.05	-6.71
10330	T1-7	286	-36.05	-6.71
12400	T1-7	289	-40.48	-7.43
12400	T1-8	289	-40.48	-7.43
14470	T1-8	292	-43.77	-7.95
14470	T1-9	292	-43.77	-7.95
14600	T1-9	295	-43.93	-7.98
14600	T1-10	295	-43.93	-7.98
16530	T1-10	298	-45.82	-8.26
16530	T1-11	298	-45.82	-8.26
18600	T1-11	301	-46.50	-8.36
18600	T1-12	301	-46.50	-8.36
20670	T1-12	304	-45.82	-8.26
20670	T1-13	304	-45.82	-8.26
22600	T1-13	307	-43.93	-7.98
22600	T1-14	307	-43.93	-7.98
22730	T1-14	310	-43.77	-7.95
22730	T1-15	310	-43.77	-7.95
24800	T1-15	313	-40.48	-7.43
24800	T1-16	313	-40.48	-7.43
26870	T1-16	316	-36.05	-6.71
26870	T1-17	316	-36.05	-6.71
28930	T1-17	358	-30.63	-5.78
28930	T1-18	358	-30.63	-5.78
29600	T1-18	361	-28.66	-5.44
29600	T1-19	361	-28.66	-5.44
31000	T1-19	364	-24.21	-4.64
31000	T1-20	364	-24.21	-4.64
33070	T1-20	367	-16.86	-3.30
33070	T1-21	367	-16.86	-3.30
35130	T1-21	370	-8.82	-1.76
35130	T1-22	370	-8.82	-1.76
37200	T1-22	373	-0.31	0.01



## 7.7 Contromonte di costruzione

Si riporta quindi, ai fini della valutazione dei valori di contromonta, il grafico relativo ai valori di deformazione verticale massima e minima dell'impalcato ottenuta considerando agenti i pesi propri, i carichi permanenti ed un'aliquota dei carichi variabili da traffico pari al 20%.

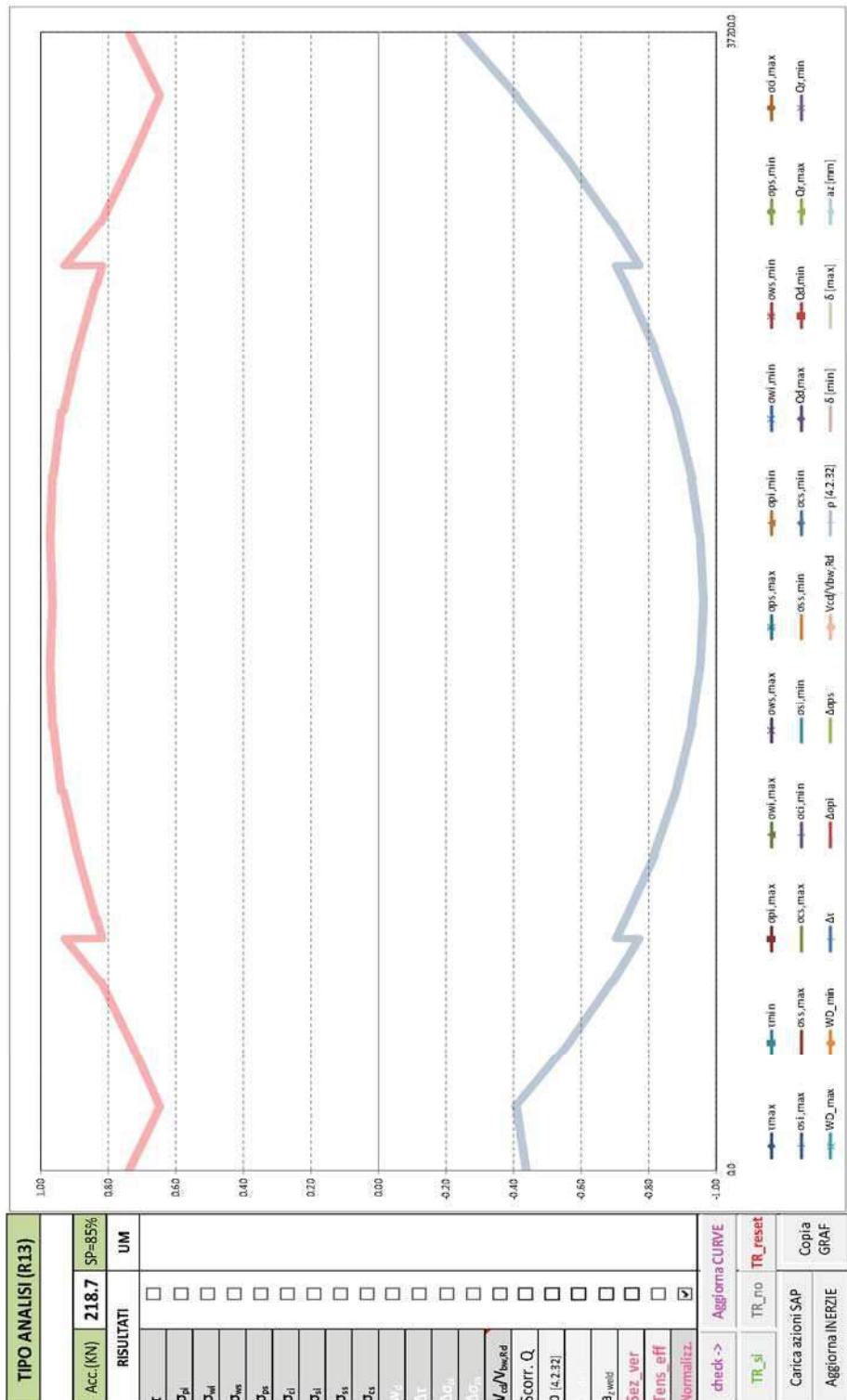
Segue il relativo tabulato di dettaglio, ove le deformazioni espresse in [mm] e relative ai nodi di giunto sono evidenziate in arancione.



TABULATO CURVE		TIPO ANALISI CONTROMONTA		
X[mm]	elem	Nodo	$\delta$ [min]	$\delta$ [max]
0	T1-1	268	0.32	0.25
2070	T1-1	271	18.89	17.48
2070	T1-2	271	18.89	17.48
4130	T1-2	274	36.57	33.85
4130	T1-3	274	36.57	33.85
6200	T1-3	277	52.84	48.92
6200	T1-4	277	52.84	48.92
7600	T1-4	280	62.70	58.05
7600	T1-5	280	62.70	58.05
8270	T1-5	283	67.06	62.09
8270	T1-6	283	67.06	62.09
10330	T1-6	286	79.09	73.22
10330	T1-7	286	79.09	73.22
12400	T1-7	289	88.83	82.22
12400	T1-8	289	88.83	82.22
14470	T1-8	292	95.98	88.81
14470	T1-9	292	95.98	88.81
14600	T1-9	295	96.33	89.14
14600	T1-10	295	96.33	89.14
16530	T1-10	298	100.33	92.81
16530	T1-11	298	100.33	92.81
18600	T1-11	301	101.79	94.16
18600	T1-12	301	101.79	94.16
20670	T1-12	304	100.33	92.81
20670	T1-13	304	100.33	92.81
22600	T1-13	307	96.33	89.14
22600	T1-14	307	96.33	89.14
22730	T1-14	310	95.98	88.81
22730	T1-15	310	95.98	88.81
24800	T1-15	313	88.83	82.22
24800	T1-16	313	88.83	82.22
26870	T1-16	316	79.09	73.22
26870	T1-17	316	79.09	73.22
28930	T1-17	358	67.06	62.09
28930	T1-18	358	67.06	62.09
29600	T1-18	361	62.70	58.05
29600	T1-19	361	62.70	58.05
31000	T1-19	364	52.84	48.92
31000	T1-20	364	52.84	48.92
33070	T1-20	367	36.57	33.85
33070	T1-21	367	36.57	33.85
35130	T1-21	370	18.89	17.48
35130	T1-22	370	18.89	17.48
37200	T1-22	373	0.32	0.25

## 7.8 RIEPILOGO DELLE VERIFICHE

Si riportano di seguito i risultati di sintesi delle verifiche effettuate per gli stati limite considerati. Nel grafico è rappresentato l'inviluppo di tutte le verifiche effettuate di cui si ha evidenza nel tabulato successivo.



TABULATO DI SINTESI VERIFICHE NORMALIZZATE SP=85%								
XTRA	ris_max	ris_min	dcs_max	dcs_min	cmb_max	cmb_min	Slim_max	Slim_min
0.0	0.74	-0.44	Vcd/Vbw,Rd	tmin	14	14	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
2070.0	0.65	-0.41	Vcd/Vbw,Rd	ops,min	14	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
2070.0	0.65	-0.41	Vcd/Vbw,Rd	ops,min	14	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
4130.0	0.73	-0.56	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
4130.0	0.73	-0.56	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
6200.0	0.82	-0.69	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
6200.0	0.82	-0.69	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
7600.0	0.93	-0.77	owi,max	ops,min	3	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
7600.0	0.82	-0.70	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
8270.0	0.84	-0.73	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
8270.0	0.84	-0.73	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
10330.0	0.89	-0.82	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
10330.0	0.89	-0.82	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
12400.0	0.93	-0.88	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
12400.0	0.94	-0.88	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
14470.0	0.96	-0.93	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
14470.0	0.96	-0.93	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
14600.0	0.97	-0.93	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
14600.0	0.96	-0.93	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
16530.0	0.97	-0.95	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
16530.0	0.97	-0.95	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
18600.0	0.97	-0.96	ows,max	ops,min	6	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
18600.0	0.97	-0.96	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
20670.0	0.97	-0.95	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
20670.0	0.97	-0.95	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
22600.0	0.96	-0.93	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
22600.0	0.97	-0.93	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
22730.0	0.96	-0.93	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
22730.0	0.96	-0.93	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
24800.0	0.94	-0.88	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
24800.0	0.93	-0.88	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
26870.0	0.89	-0.82	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
26870.0	0.89	-0.82	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
28930.0	0.84	-0.73	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
28930.0	0.84	-0.73	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
29600.0	0.82	-0.70	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
29600.0	0.93	-0.77	owi,max	ops,min	3	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
31000.0	0.82	-0.69	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
31000.0	0.82	-0.69	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
33070.0	0.73	-0.56	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
33070.0	0.73	-0.56	ows,max	ops,min	5	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
35130.0	0.65	-0.41	Vcd/Vbw,Rd	ops,min	13	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
35130.0	0.65	-0.41	Vcd/Vbw,Rd	ops,min	13	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE
37200.0	0.74	-0.24	Vcd/Vbw,Rd	ops,min	13	7	SLU_TRAVE	SLU_TRAVE

## 8 VERIFICA TRAVERSI

Si riportano nel presente paragrafo i risultati dell'analisi statica in termini di sforzi massimi per le combinazioni di carico più gravose tra quelle precedentemente specificate.

A favore di sicurezza, anche i traversi di appoggio sono considerati non collaboranti con la soletta.

Le tabelle riassuntive degli sforzi propongono nell'ordine:

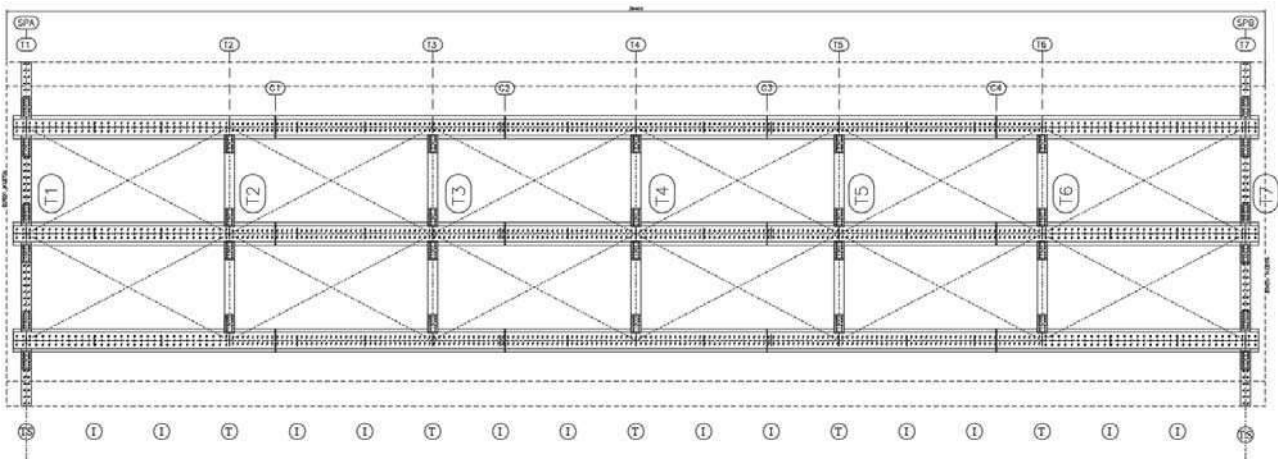
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>u.m.</b>
<b>FRAME</b>	Indice i dell'asta corrispondente alla massima sollecitazione considerata	-
$\sigma_{max}$	Compressione massima travi in acciaio	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{min}$	Trazione massima travi in acciaio	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{id}$	Tensione ideale massima travi in acciaio	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{max}$	Sforzo di taglio massimo trave in acciaio	N/mm <sup>2</sup>

Si eseguono le verifiche di resistenza sovrapponendo gli effetti delle singole condizioni di carico secondo la tabella delle combinazioni riportata in precedenza. Per brevità, nel paragrafo riassuntivo globale si riportano solamente i valori delle tensioni complessive relative alle combinazioni di carico più gravose.

In tutti i casi analizzati i valori degli sforzi sono entro i limiti di normativa.

Si osserva che gli sforzi sono positivi se di compressione.

I traversi sono stati denominati con le sigle da "T1" a "T7" a partire dal traverso sulla spalla A (T1) fino a quella in corrispondenza della spalla "B" (T7), come illustrato nella seguente pianta.

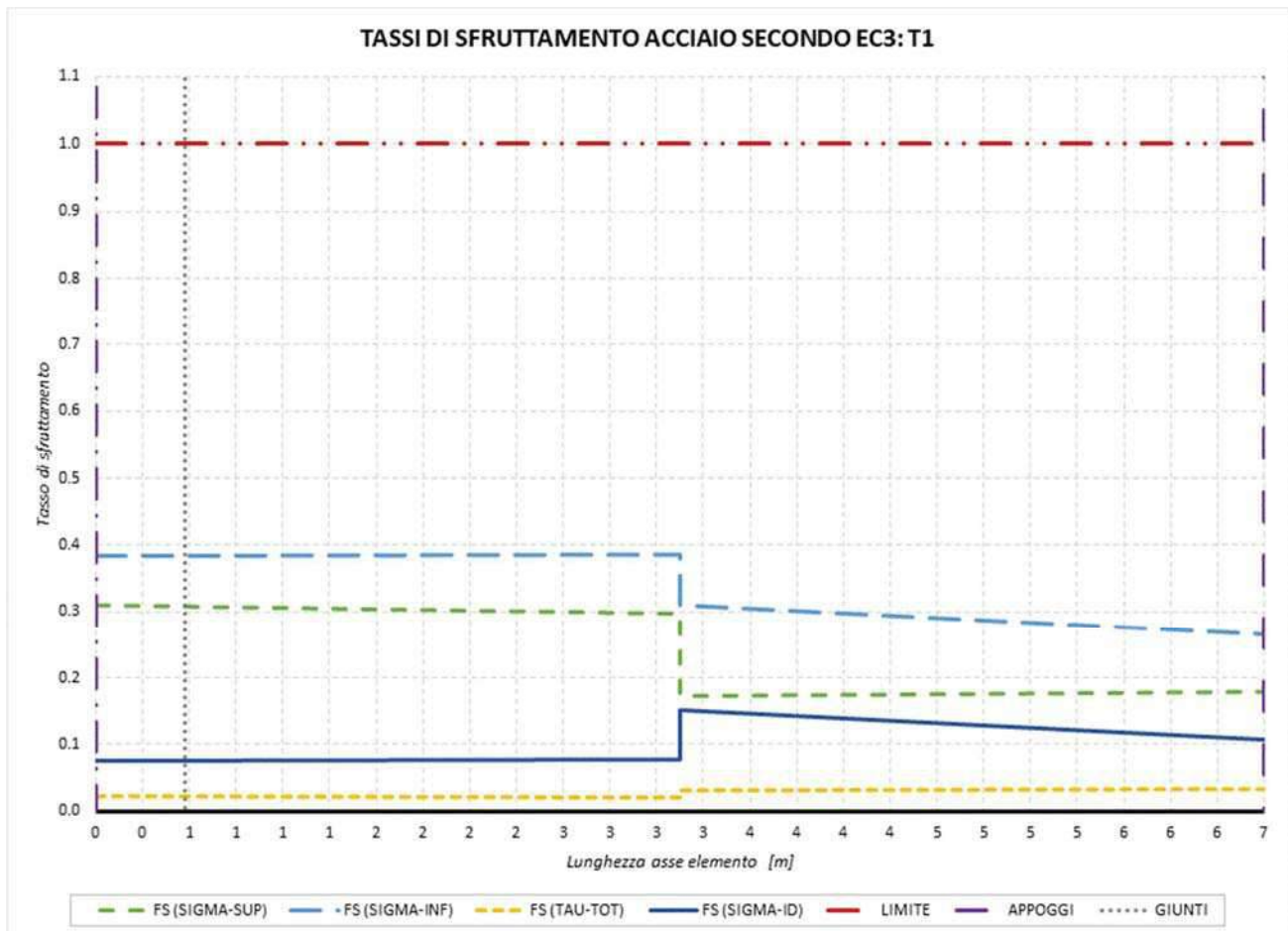


## 8.1 Riassunto delle tensioni massime e verifiche strutturali

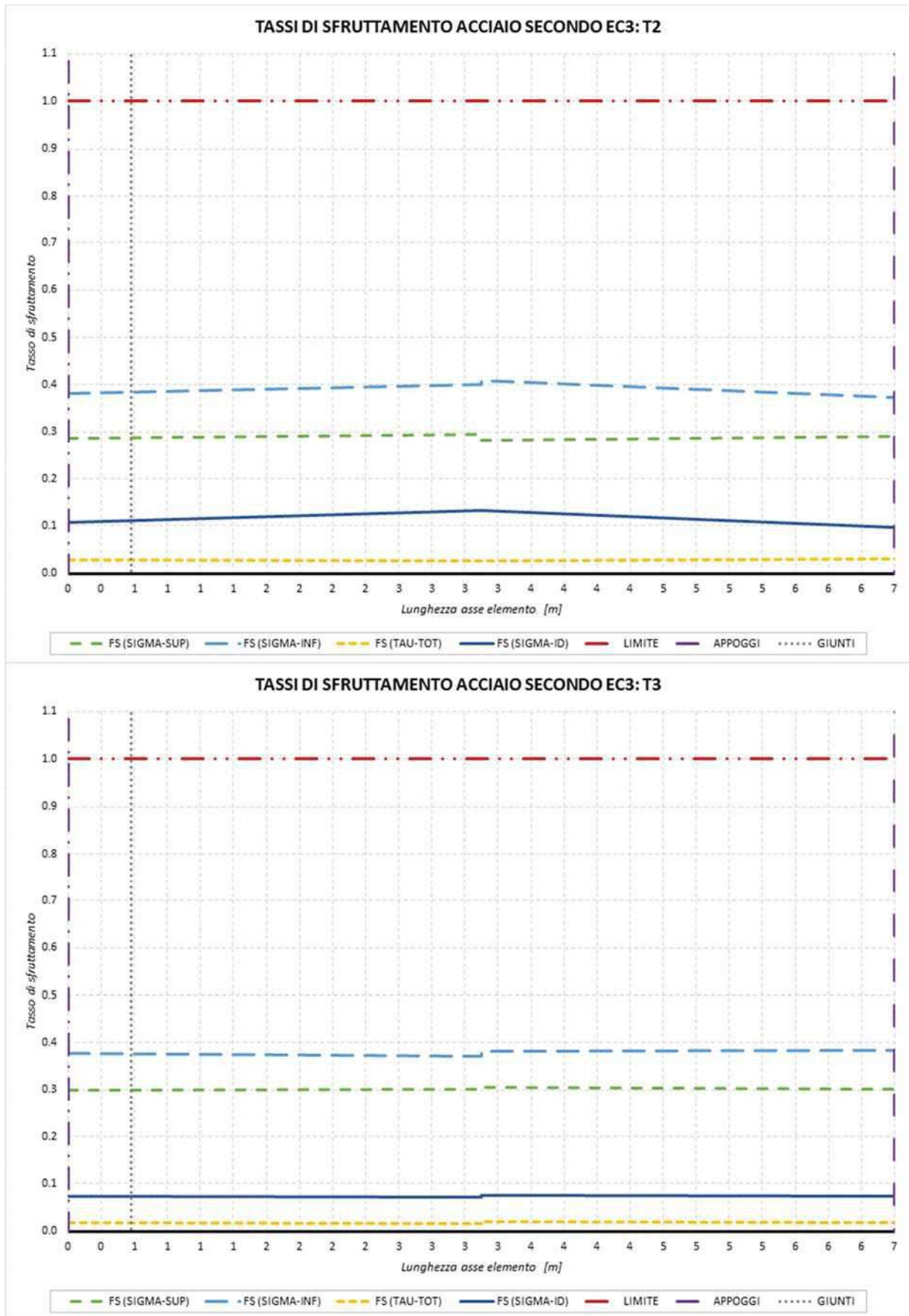
Si riportano nel presente paragrafo i risultati dell'analisi statica in termini di sforzi massimi per le combinazioni di carico più gravose.

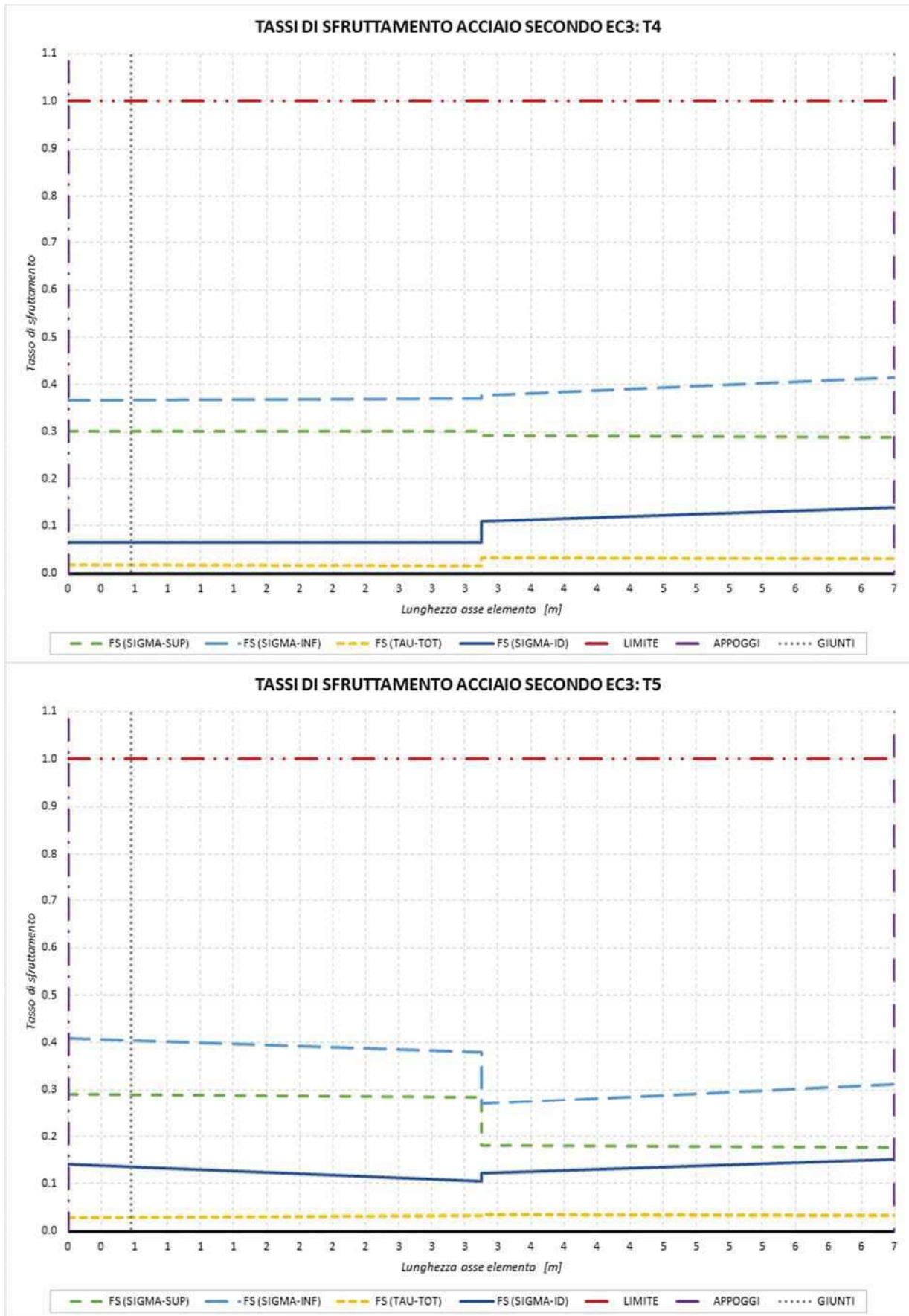
COMB	$\sigma_{max}$		$\sigma_{min}$		$\sigma_{id}$		$T_{max}$	
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[asta]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[asta]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[asta]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[asta]
<b>CC16</b>	<b>129.72</b>	<b>1</b>	<b>-104.45</b>	<b>1</b>	<b>40.95</b>	<b>10</b>	<b>12.17</b>	<b>10</b>
CC16	129.72	1	-104.45	1	40.95	10	12.17	10
CC1	100.80	5	<b>-140.46</b>	<b>8</b>	52.31	11	11.91	11
CC9	100.80	5	-140.46	8	<b>52.31</b>	<b>11</b>	11.91	11
CC16	129.72	1	-104.45	1	40.95	10	<b>12.17</b>	<b>10</b>

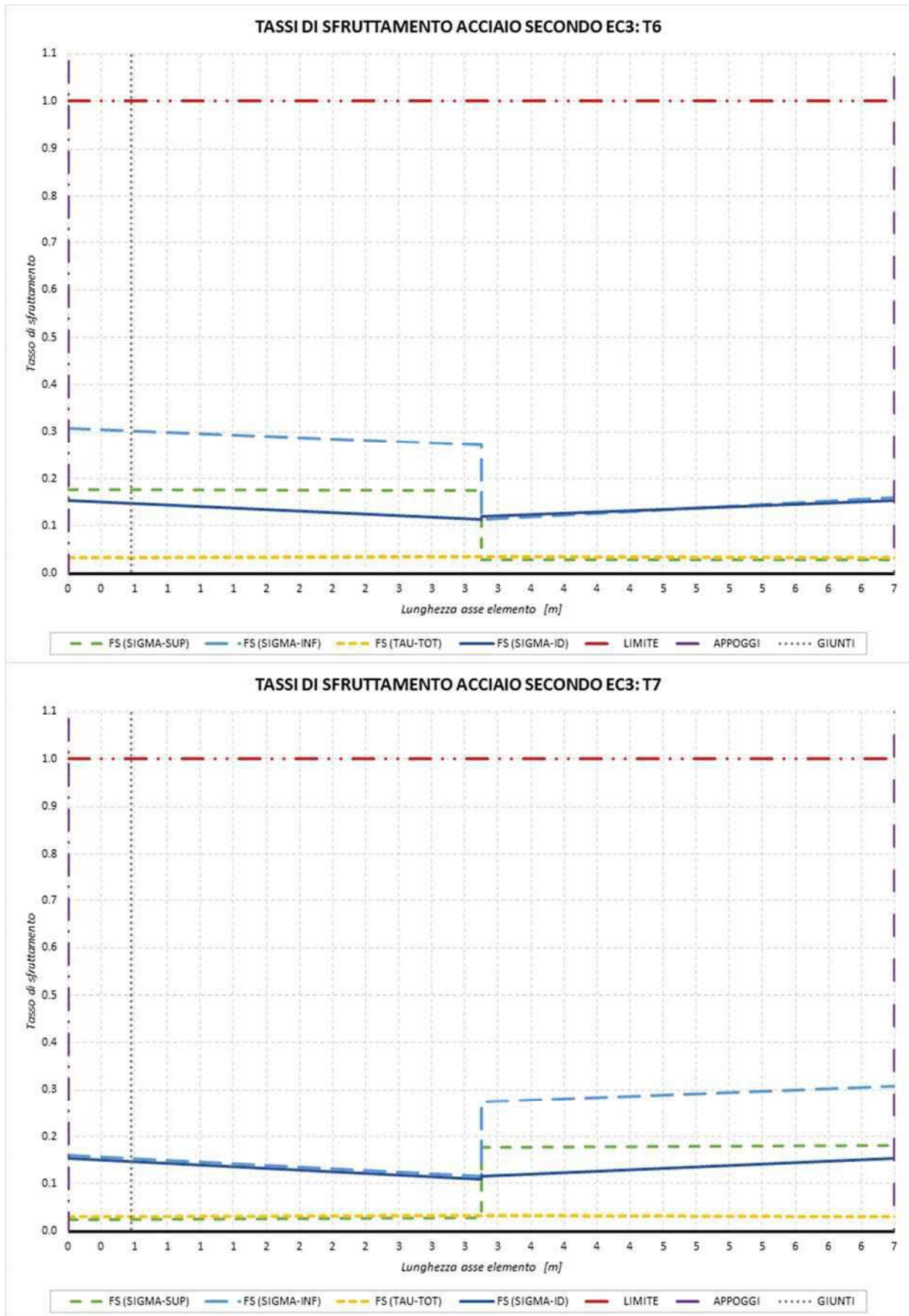
Per una migliore lettura dei livelli di sollecitazione, si riportano nei grafici a seguire i soli grafici di involucro delle tensioni.











## 9 VERIFICA GIUNTI BULLONATI TRAVI-TRAVERSI

In questo capitolo vengono verificati i giunti tra le travi ed i traversi. Tali giunti sono considerati reagenti solo "a taglio".

Vengono effettuate, secondo quanto riportato in D.M. 14/01/2008 paragrafi 4.2.8.1.1 e 4.2.4.1.2, le seguenti verifiche:

- Resistenza a taglio del gambo dei bulloni;
- Resistenza a trazione dei coprigiunti;
- Resistenza a rifollamento degli elementi da unire;
- Resistenza della sezione depurata dai fori.

Per ogni tipologia di giunto vengono effettuate le verifiche per l'ala superiore, l'anima e l'ala inferiore. Viene inoltre riportata la verifica della sezione depurata dai fori.

### a) Resistenza a taglio del gambo dei bulloni

La resistenza di calcolo a Stato Limite Ultimo a taglio del gambo dei bulloni di classe 10.9 è assunta pari a:

$$F_{V,Rd} = 0.5 \cdot \frac{f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

dove:  $f_{tb}$  resistenza a rottura dell'acciaio del bullone;  
 $A_{res}$  area resistente del bullone;  
 $\gamma_{M2}$  coefficiente di sicurezza (pari a 1.25).

### b) Resistenza a trazione dei coprigiunti

La resistenza di calcolo a Stato Limite Ultimo a trazione degli elementi di connessione è assunta pari a:

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}}$$

dove:  $A_{net}$  area netta del coprigiunto (depurata dai fori);  
 $f_{tk}$  resistenza a rottura dell'acciaio del coprigiunto;  
 $\gamma_{M2}$  coefficiente di sicurezza (pari a 1.25).

La verifica a trazione del coprigiunto d'anima viene omessa quando il momento d'inerzia della sezione del coprigiunto risulta superiore al momento d'inerzia della sezione della trave depurata dai fori (della quale si riportano le verifiche a trazione).

### c) Resistenza a rifollamento degli elementi da unire

La resistenza di calcolo a Stato Limite Ultimo a rifollamento del piatto dell'unione bullonata è assunta pari a:

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot \frac{f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

dove:  $d$  diametro nominale del gambo del bullone;  
 $t$  spessore della piastra collegata;  
 $f_{tk}$  resistenza a rottura dell'acciaio della piastra collegata;  
 $\alpha$  coefficiente correttivo in direzione del carico applicato, pari a:

$$= \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$$

per i bulloni di bordo;



$$= \min \left\{ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0.25; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$$

k      per i bulloni interni;  
coefficiente correttivo in direzione perpend. del carico applicato, pari a:

$$= \min \left\{ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\}$$

per i bulloni di bordo;

$$= \min \left\{ 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\}$$

per i bulloni interni;

**d) Resistenza della sezione depurata dai fori**

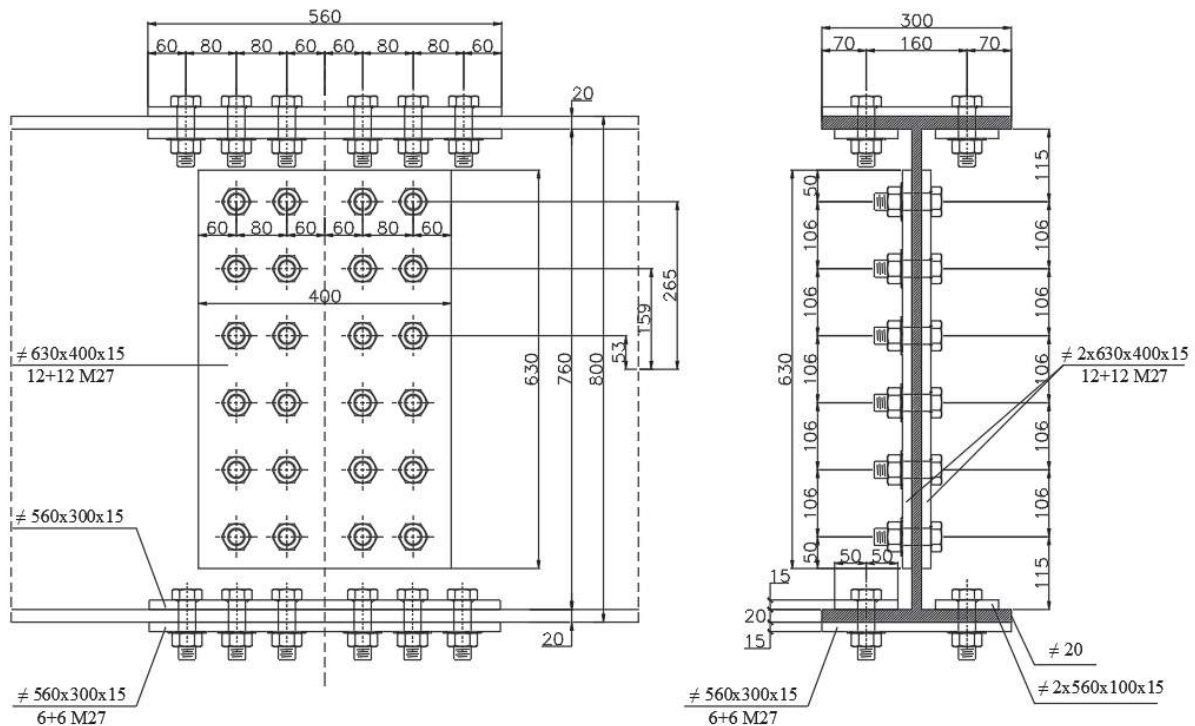
La resistenza a rottura della sezione netta in corrispondenza dei fori per i collegamenti è assunta pari a:

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}}$$

dove:       $A_{net}$       area netta della sezione (depurata dai fori);  
          $f_{tk}$       resistenza a rottura dell'acciaio della sezione;  
          $\gamma_{M2}$       coefficiente di sicurezza (pari a 1.25).

## 9.1 Verifiche dei giunti travi-traversi

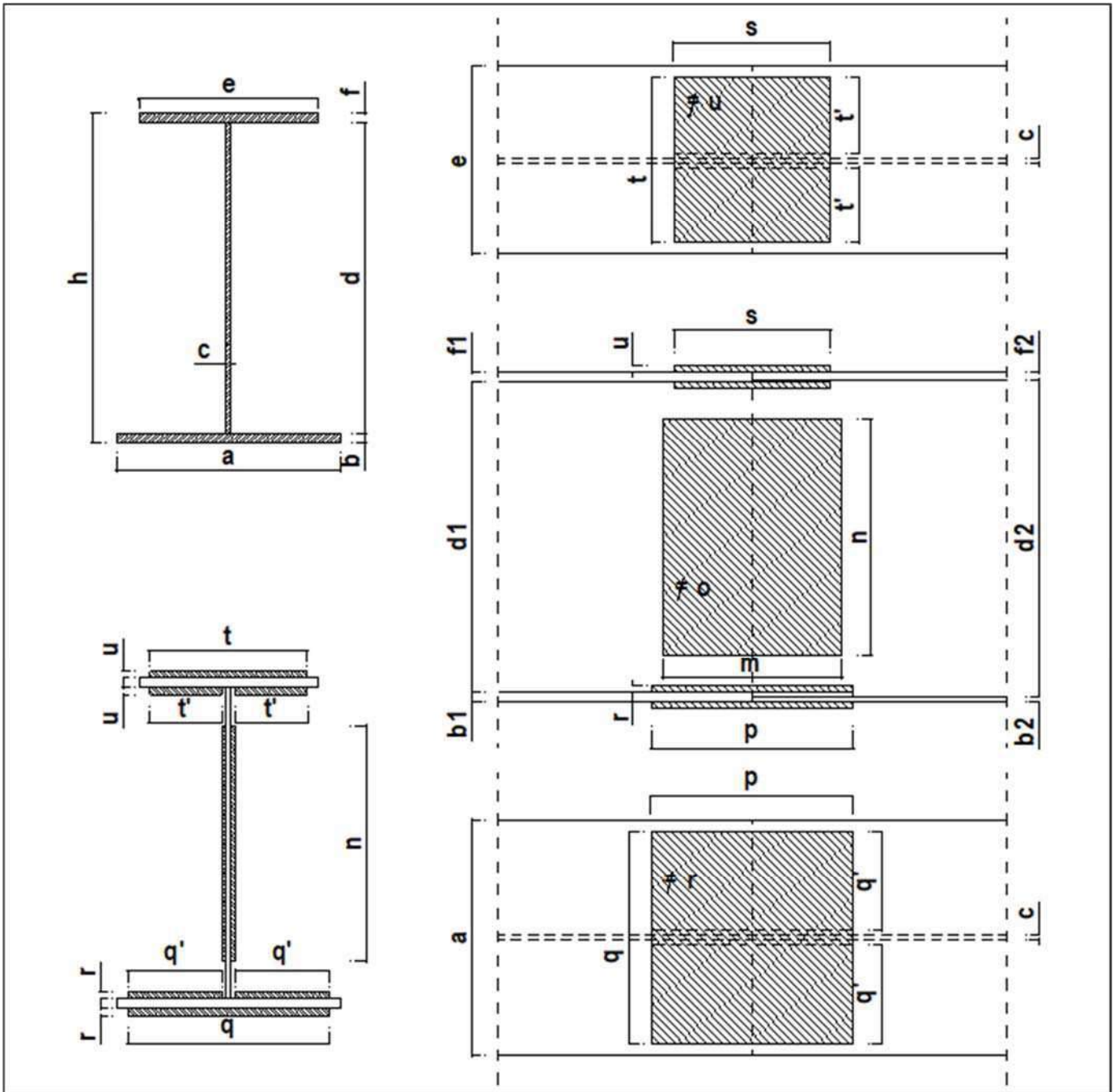
Lo schema della giunzione dei traversi si riporta nell'immagine seguente.



Nel seguente paragrafo viene dimensionato il giunto bullonato tra le travi ed i traversi in assi appoggi (traversi di spalle e pila), le cui caratteristiche vengono riepilogate nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI			
Travi	S 355	Tipo di acciaio delle travi da giuntare	
Coprigiunti	S 355	Tipo di acciaio dei coprigiunti	
Bulloni	10.9	Classe di acciaio della bullonatura	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVI DA UNIRE			
	Trave 1	Trave 2	Descrizione
$h_{1/2}$	800 mm	800 mm	Altezza totale trave
$e_{1/2}$	300 mm	300 mm	Larghezza ala superiore
$f_{1/2}$	20 mm	20 mm	Spessore ala superiore
$d_{1/2}$	760 mm	760 mm	Altezza anima
$c_{1/2}$	15 mm	15 mm	Spessore anima
$a_{1/2}$	300 mm	300 mm	Larghezza ala inferiore
$b_{1/2}$	20 mm	20 mm	Spessore ala inferiore
$A_{tot}$	23400 mmq	23400 mmq	Area totale trave
$h_g$	400 mm	400 mm	Baricentro da intradosso trave
Distanza tra i profili delle 2 travi da unire			0 mm
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE GIUNTO			
ALA SUPERIORE			
s	560 mm	Lunghezza giunto superiore	
t	300 mm	Larghezza giunto superiore	
t'	100 mm	Larghezza giunto superiore interno trave (se non presente =0)	
u	15 mm	Spessore giunto superiore	
ANIMA			
m	400 mm	Lunghezza giunto d'anima	
n	630 mm	Altezza giunto d'anima	
o	15 mm	Spessore giunto d'anima	
ALA INFERIORE			
p	560 mm	Lunghezza giunto inferiore	
q	300 mm	Larghezza giunto inferiore	
q'	100 mm	Larghezza giunto inferiore interno trave (se non presente =0)	
r	15 mm	Spessore giunto inferiore	





9.1.1 Sollecitazioni

INPUT SOLLECITAZIONI				SOLLECITAZIONI GIUNTO (TRAVE 1)						SOLLECITAZIONI GIUNTO (TRAVE 2)				
Combinazione	T <sub>anima</sub> [kN]	σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>sup2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	M <sub>trave</sub> [kNm]	N <sub>trave</sub> [kN]	V <sub>anima</sub> [kN]	σ <sub>sup2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	M <sub>trave</sub> [kNm]	N <sub>trave</sub> [kN]	V <sub>anima</sub> [kN]	
1	CC1	121	-2	-24	-2.11	-23.74	166	-495	121	-2.11	-23.74	155	-438	121
2	CC2	121	-17	25	-16.49	24.15	-313	147	121	-16.49	24.15	-291	130	121
3	CC3	121	-2	-24	-2.07	-23.47	165	-489	121	-2.07	-23.47	153	-433	121
4	CC4	121	-17	25	-16.45	24.42	-315	153	121	-16.45	24.42	-293	135	121
5	CC5	121	-2	-24	-2.11	-23.74	166	-495	121	-2.11	-23.74	155	-438	121
6	CC6	121	-17	25	-16.49	24.15	-313	147	121	-16.49	24.15	-291	130	121
7	CC7	121	-2	-24	-2.07	-23.47	165	-489	121	-2.07	-23.47	153	-433	121
8	CC8	121	-17	25	-16.45	24.42	-315	153	121	-16.45	24.42	-293	135	121
9	CC9	121	-2	-24	-2.11	-23.74	166	-495	121	-2.11	-23.74	155	-438	121
10	CC10	121	-17	25	-16.49	24.15	-313	147	121	-16.49	24.15	-291	130	121
11	CC11	121	-2	-24	-2.07	-23.47	165	-489	121	-2.07	-23.47	153	-433	121
12	CC12	121	-17	25	-16.45	24.42	-315	153	121	-16.45	24.42	-293	135	121
13	CC13	121	-2	-24	-2.11	-23.74	166	-495	121	-2.11	-23.74	155	-438	121
14	CC14	121	-17	25	-16.49	24.15	-313	147	121	-16.49	24.15	-291	130	121
15	CC15	121	-2	-24	-2.07	-23.47	165	-489	121	-2.07	-23.47	153	-433	121
16	CC16	121	-17	25	-16.45	24.42	-315	153	121	-16.45	24.42	-293	135	121
17	CC1	49	84	-92	81.43	-89.82	1318	-161	49	81.43	-89.82	1227	-142	49
18	CC2	102	-79	-37	-78.69	-37.96	-314	-2233	102	-78.69	-37.96	-292	-1977	102
19	CC3	102	79	23	77.79	24.17	413	1951	102	77.79	24.17	384	1728	102
20	CC4	76	-87	91	-84.35	89.00	-1334	89	76	-84.35	89.00	-1242	79	76
21	CC5	49	84	-92	81.43	-89.82	1318	-161	49	81.43	-89.82	1227	-142	49
22	CC6	102	-79	-37	-78.69	-37.96	-314	-2233	102	-78.69	-37.96	-292	-1977	102
23	CC7	102	79	23	77.79	24.17	413	1951	102	77.79	24.17	384	1728	102
24	CC8	76	-87	91	-84.35	89.00	-1334	89	76	-84.35	89.00	-1242	79	76
25	CC9	49	84	-92	81.43	-89.82	1318	-161	49	81.43	-89.82	1227	-142	49
26	CC10	102	-79	-37	-78.69	-37.96	-314	-2233	102	-78.69	-37.96	-292	-1977	102
27	CC11	102	79	23	77.79	24.17	413	1951	102	77.79	24.17	384	1728	102
28	CC12	76	-87	91	-84.35	89.00	-1334	89	76	-84.35	89.00	-1242	79	76
29	CC13	49	84	-92	81.43	-89.82	1318	-161	49	81.43	-89.82	1227	-142	49
30	CC14	102	-79	-37	-78.69	-37.96	-314	-2233	102	-78.69	-37.96	-292	-1977	102
31	CC15	102	79	23	77.79	24.17	413	1951	102	77.79	24.17	384	1728	102
32	CC16	76	-87	91	-84.35	89.00	-1334	89	76	-84.35	89.00	-1242	79	76
33	CC1	91	-47	-101	-47.82	-99.98	402	-2829	91	-47.82	-99.98	374	-2505	91
34	CC2	42	66	-64	64.34	-62.18	974	41	42	64.34	-62.18	906	37	42
35	CC3	17	-64	58	-62.56	56.27	-915	-120	17	-62.56	56.27	-851	-107	17
36	CC4	77	47	90	47.37	89.16	-322	2613	77	47.37	89.16	-299	2314	77
37	CC5	91	-47	-101	-47.82	-99.98	402	-2829	91	-47.82	-99.98	374	-2505	91
38	CC6	42	66	-64	64.34	-62.18	974	41	42	64.34	-62.18	906	37	42
39	CC7	17	-64	58	-62.56	56.27	-915	-120	17	-62.56	56.27	-851	-107	17
40	CC8	77	47	90	47.37	89.16	-322	2613	77	47.37	89.16	-299	2314	77
41	CC9	91	-47	-101	-47.82	-99.98	402	-2829	91	-47.82	-99.98	374	-2505	91
42	CC10	42	66	-64	64.34	-62.18	974	41	42	64.34	-62.18	906	37	42
43	CC11	17	-64	58	-62.56	56.27	-915	-120	17	-62.56	56.27	-851	-107	17
44	CC12	77	47	90	47.37	89.16	-322	2613	77	47.37	89.16	-299	2314	77
45	CC13	91	-47	-101	-47.82	-99.98	402	-2829	91	-47.82	-99.98	374	-2505	91
46	CC14	42	66	-64	64.34	-62.18	974	41	42	64.34	-62.18	906	37	42
47	CC15	17	-64	58	-62.56	56.27	-915	-120	17	-62.56	56.27	-851	-107	17
48	CC16	77	47	90	47.37	89.16	-322	2613	77	47.37	89.16	-299	2314	77

### 9.1.2 Giunto ala superiore

DATI BULLONATURA E COPRIGIUNTI			trave 1	trave 2
<b>Bulloni</b>	Classe di resistenza della bullonatura	[-]	10.9	
<b>d<sub>bulloni,i</sub></b>	Diametro dei bulloni	[mm]	27.00	
<b>d<sub>foro,i</sub></b>	Diametro dei fori	[mm]	28.50	
<b>A<sub>res</sub></b>	Area resistente dei bulloni	[mmq]	459	
<b>f<sub>tb</sub></b>	Resistenza a rottura del bullone	[N/mmq]	1000	
<b>f<sub>u,cop</sub></b>	Tensione di rottura acciaio coprighiunti	[N/mmq]	510	
<b>f<sub>y,cop</sub></b>	Tensione di snervamento acciaio coprighiunti	[N/mmq]	355	
DATI TRAVI				
<b>f<sub>u,tr</sub></b>	Tensione di rottura acciaio travi	[N/mmq]	510	510
<b>f<sub>y,tr</sub></b>	Tensione di snervamento acciaio travi	[N/mmq]	355	355

1. RESISTENZA DEI BULLONI DI COLLEGAMENTO			
<b>α<sub>v</sub></b>	Fattore di riduzione	[-]	0.50
<b>β<sub>Lf</sub></b>	Fattore di riduzione per collegamenti lunghi	[-]	1.00
<b>F<sub>v,Rd</sub></b>	Resistenza a taglio del bullone di collegamento	[kN]	183.6
<b>n<sub>p</sub></b>	Numero di coprighiunti	[-]	2
<b>n<sub>b</sub></b>	Numero di bulloni	[-]	6
<b>F<sub>Rd,1</sub></b>	<b>Resistenza a taglio del bullone di collegamento</b>	[kN]	<b>2203</b>

2. RESISTENZA A RIFOLLAMENTO DELL'ALA DEL PROFILO				
<b>e<sub>1</sub> (min)</b>	Distanza dal bordo nella direzione del carico applicato	[mm]	60	60
<b>e<sub>2</sub> (min)</b>	Distanza dal bordo nella direzione perpend. al carico applicato	[mm]	71	71
<b>p<sub>1</sub></b>	Interasse dei bulloni nella direzione del carico applicato	[mm]	80	80
<b>p<sub>2</sub></b>	Interasse dei bulloni nella direzione perpend. al carico applicato	[mm]	158	158
<b>α</b>	Coefficiente nella direzione del carico applicato	[-]	0.69	0.69
<b>k</b>	Coefficiente perpendicolare alla direzione del carico applicato	[-]	2.50	2.50
<b>F<sub>Rd,2</sub> (min)</b>	<b>Resistenza a rifollamento dell'ala del profilo</b>	[kN]	<b>2266</b>	<b>2266</b>

3. RESISTENZA A RIFOLLAMENTO DEL COPRIGIUNTO				
<b>e*<sub>1</sub></b>	Distanza dal bordo nella direzione del carico applicato	[mm]	60	60
<b>e*<sub>2</sub></b>	Distanza dal bordo nella direzione perpend. al carico applicato	[mm]	71	71
<b>p*<sub>2</sub></b>	Distanza tra i bulloni più interni a cavallo dell'anima del profilo	[mm]	158	158
<b>α*</b>	Coefficiente nella direzione del carico applicato	[-]	0.69	0.69
<b>k*</b>	Coefficiente perpendicolare alla direzione del carico applicato	[-]	2.50	2.50
<b>F<sub>Rd,3</sub></b>	<b>Resistenza a rifollamento del coprighiunto</b>	[kN]	<b>3399</b>	<b>3399</b>

4. RESISTENZA DELLA SEZIONE LORDA DELL'ALA DEL PROFILO				
<b>F<sub>Rd,4</sub> (min)</b>	<b>Resistenza della sezione lorda dell'ala del profilo</b>	[kN]	<b>2029</b>	<b>2029</b>

5. RESISTENZA DELLA SEZIONE NETTA DELL'ALA DEL PROFILO				
<b>F<sub>Rd,5</sub> (min)</b>	<b>Resistenza della sezione netta dell'ala del profilo</b>	[kN]	<b>1785</b>	<b>1785</b>

6. RESISTENZA DELLA SEZIONE LORDA DEL COPRIGIUNTO				
<b>F<sub>Rd,6</sub></b>	<b>Resistenza della sezione lorda del coprighiunto</b>	[kN]	<b>2536</b>	<b>2536</b>

7. RESISTENZA DELLA SEZIONE NETTA DEL COPRIGIUNTO				
$F_{Rd,7}$	<b>Resistenza della sezione netta del coprigiunto</b>	[kN]	2126	2126
8. RESISTENZA A TRANCIAMENTO DELL'ALA DEL PROFILO				
$A_{nt} (min)$	Area soggetta a trazione dell'ala del profilo	[mmq]	2270	2270
$A_{nv} (min)$	Area soggetta a taglio dell'ala del profilo	[mmq]	5950	5950
$F_{Rd,8} (min)$	<b>Resistenza a tranciamento per blocco dell'ala del profilo</b>	[kN]	2088	2088
9. RESISTENZA A TRANCIAMENTO DEL COPRIGIUNTO				
$A^*_{nt}$	Area soggetta a trazione del coprigiunto	[mmq]	3645	3645
$A^*_{nv}$	Area soggetta a taglio del coprigiunto	[mmq]	8925	8925
$F_{Rd,9}$	<b>Resistenza a tranciamento per blocco del coprigiunto</b>	[kN]	3229	3229
RESISTENZA MINIMA DEL COLLEGAMENTO			trave 1	trave 2
$F_{Rd}$	<b>Resistenza minima del collegamento</b>	[kN]	1785	1785

### 9.1.3 Giunto ala inferiore

DATI BULLONATURA E COPRIGIUNTI			trave 1	trave 2
<b>Bulloni</b>	Classe di resistenza della bullonatura	[-]	10.9	
$d_{bulloni,i}$	Diametro dei bulloni	[mm]	27.00	
$d_{foro,i}$	Diametro dei fori	[mm]	28.50	
$A_{res}$	Area resistente dei bulloni	[mmq]	459	
$f_{tb}$	Resistenza a rottura del bullone	[N/mm <sup>2</sup> ]	1000	
$f_{u,cop}$	Tensione di rottura acciaio coprigiunti	[N/mm <sup>2</sup> ]	510	
$f_{y,cop}$	Tensione di snervamento acciaio coprigiunti	[N/mm <sup>2</sup> ]	355	
DATI TRAVI				
$f_{u,tr}$	Tensione di rottura acciaio travi	[N/mm <sup>2</sup> ]	510	510
$f_{y,tr}$	Tensione di snervamento acciaio travi	[N/mm <sup>2</sup> ]	355	355
1. RESISTENZA DEI BULLONI DI COLLEGAMENTO				
$\alpha_v$	Fattore di riduzione	[-]	0.50	
$\beta_{Lf}$	Fattore di riduzione per collegamenti lunghi	[-]	1.00	
$F_{v,Rd}$	Resistenza a taglio del bullone di collegamento	[kN]	183.6	
$n_p$	Numero di coprigiunti	[-]	2	
$n_b$	Numero di bulloni	[-]	6	
$F_{Rd,1}$	<b>Resistenza a taglio del bullone di collegamento</b>	[kN]	2203	
2. RESISTENZA A RIFOLLAMENTO DELL'ALA DEL PROFILO				
$e_1 (min)$	Distanza dal bordo nella direzione del carico applicato	[mm]	60	60
$e_2 (min)$	Distanza dal bordo nella direzione perpend. al carico applicato	[mm]	71	71
$p_1$	Interasse dei bulloni nella direzione del carico applicato	[mm]	80	80
$p_2$	Interasse dei bulloni nella direzione perpend. al carico applicato	[mm]	158	158
$\alpha$	Coefficiente nella direzione del carico applicato	[-]	0.69	0.69
$k$	Coefficiente perpendicolare alla direzione del carico applicato	[-]	2.50	2.50
$F_{Rd,2} (min)$	<b>Resistenza a rifollamento dell'ala del profilo</b>	[kN]	2266	2266

3. RESISTENZA A RIFOLLAMENTO DEL COPRIGIUNTO				
$e^*_1$	Distanza dal bordo nella direzione del carico applicato	[mm]	60	60
$e^*_2$	Distanza dal bordo nella direzione perpend. al carico applicato	[mm]	71	71
$p^*_2$	Distanza tra i bulloni più interni a cavallo dell'anima del profilo	[mm]	158	158
$\alpha^*$	Coefficiente nella direzione del carico applicato	[-]	0.69	0.69
$k^*$	Coefficiente perpendicolare alla direzione del carico applicato	[-]	2.50	2.50
$F_{Rd,3}$	<b>Resistenza a rifollamento del coprighiunto</b>	[kN]	<b>3399</b>	<b>3399</b>
4. RESISTENZA DELLA SEZIONE LORDA DELL'ALA DEL PROFILO				
$F_{Rd,4 (min)}$	<b>Resistenza della sezione lorda dell'ala del profilo</b>	[kN]	<b>2029</b>	<b>2029</b>
5. RESISTENZA DELLA SEZIONE NETTA DELL'ALA DEL PROFILO				
$F_{Rd,5 (min)}$	<b>Resistenza della sezione netta dell'ala del profilo</b>	[kN]	<b>1785</b>	<b>1785</b>
6. RESISTENZA DELLA SEZIONE LORDA DEL COPRIGIUNTO				
$F_{Rd,6}$	<b>Resistenza della sezione lorda del coprighiunto</b>	[kN]	<b>2536</b>	<b>2536</b>
7. RESISTENZA DELLA SEZIONE NETTA DEL COPRIGIUNTO				
$F_{Rd,7}$	<b>Resistenza della sezione netta del coprighiunto</b>	[kN]	<b>2126</b>	<b>2126</b>
8. RESISTENZA A TRANCIAMENTO DELL'ALA DEL PROFILO				
$A_{nt (min)}$	Area soggetta a trazione dell'ala del profilo	[mmq]	2270	2270
$A_{nv (min)}$	Area soggetta a taglio dell'ala del profilo	[mmq]	5950	5950
$F_{Rd,8 (min)}$	<b>Resistenza a tranciamento per blocco dell'ala del profilo</b>	[kN]	<b>2088</b>	<b>2088</b>
9. RESISTENZA A TRANCIAMENTO DEL COPRIGIUNTO				
$A^*_{nt}$	Area soggetta a trazione del coprighiunto	[mmq]	3645	3645
$A^*_{nv}$	Area soggetta a taglio del coprighiunto	[mmq]	8925	8925
$F_{Rd,9}$	<b>Resistenza a tranciamento per blocco del coprighiunto</b>	[kN]	<b>3229</b>	<b>3229</b>

RESISTENZA MINIMA DEL COLLEGAMENTO			trave 1	trave 2
$F_{Rd}$	<b>Resistenza minima del collegamento</b>	[kN]	<b>1785</b>	<b>1785</b>

#### 9.1.4 Giunto anima

DATI GENERALI			trave 1	trave 2
<b>Bulloni</b>	Classe di resistenza della bullonatura	[-]	10.9	
$d_{bulloni,i}$	Diametro dei bulloni	[mm]	27.00	
$d_{foro,i}$	Diametro dei fori	[mm]	28.50	
$A_{res}$	Area resistente dei bulloni	[mmq]	459	
$f_{tb}$	Resistenza a rottura del bullone	[N/mm <sup>2</sup> ]	1000	
$f_{u,cop}$	Tensione di rottura acciaio coprighiunti	[N/mm <sup>2</sup> ]	510	
$f_{y,cop}$	Tensione di snervamento acciaio coprighiunti	[N/mm <sup>2</sup> ]	355	
DATI TRAVI				
$f_{u,tr}$	Tensione di rottura acciaio travi	[N/mm <sup>2</sup> ]	510	510
$f_{y,tr}$	Tensione di snervamento acciaio travi	[N/mm <sup>2</sup> ]	355	355
$V_{pl,Rd}$	Resistenza plastica a taglio del profilo	[kN]	2342	2342



1. RESISTENZA DEI BULLONI DI COLLEGAMENTO				
$\alpha_v$	Fattore di riduzione	[-]	0.50	
$F_{v,Rd}$	Resistenza a taglio del bullone di collegamento	[kN]	184	
$n_b$	Numero di bulloni	[-]	12	
$e_x$	Eccentricità orizzontale baricentro bullonatura da asse giunto	[mm]	100	
$e_y$	Eccentricità verticale baricentro bullonatura da asse giunto	[mm]	0	
$x_{max}$	Distanza orizzontale bullone più esterno da baricentro bullonatura	[mm]	40	
$y_{max}$	Distanza verticale bullone più esterno da baricentro bullonatura	[mm]	265	
$J_b$	Momento d'inerzia della bullonatura	[mm <sup>2</sup> ]	412460	
$V_{Rd,1}$	<b>Resistenza a taglio del bullone di collegamento (min.)*</b>	[kN]	<b>253</b>	<b>284</b>
2. RESISTENZA A RIFOLLAMENTO PER TAGLIO DELL'ANIMA DEL PROFILO				
$e_1$	Distanza dal bordo in direzione verticale	[mm]	135	135
$e_2$	Distanza dal bordo in direzione orizzontale	[mm]	60	60
$p_1$	Interasse dei bulloni in direzione verticale	[mm]	106	106
$p_2$	Interasse dei bulloni in direzione orizzontale	[mm]	80	80
$\alpha_x$	Coefficiente nella direzione del carico orizzontale	[-]	0.69	0.69
$k_x$	Coefficiente perpendicolare alla direzione del carico orizzontale	[-]	2.50	2.50
$F_{x,Rd}$	Resistenza a rifollamento in direzione orizzontale	[kN]	283	283
$\alpha_y$	Coefficiente nella direzione del carico verticale	[-]	0.99	0.99
$k_y$	Coefficiente perpendicolare alla direzione del carico verticale	[-]	2.23	2.23
$F_{y,Rd}$	Resistenza a rifollamento in direzione verticale	[kN]	365	365
$V_{Rd,2}$	<b>Resistenza a rifollamento per taglio dell'anima del profilo (min.)*</b>	[kN]	<b>196</b>	<b>220</b>
3. RESISTENZA A RIFOLLAMENTO PER TAGLIO DEL COPRIGIUNTO D'ANIMA				
$e^*_1$	Distanza dal bordo in direzione verticale	[mm]	50	50
$e^*_2$	Distanza dal bordo in direzione orizzontale	[mm]	60	60
$\alpha^*_x$	Coefficiente nella direzione del carico applicato orizzontale	[-]	0.69	0.69
$k^*_x$	Coefficiente perpendicolare alla direzione del carico applicato vert.	[-]	2.50	2.50
$F^*_{x,Rd}$	Resistenza a rifollamento in direzione orizzontale	[kN]	567	567
$\alpha^*_y$	Coefficiente nella direzione del carico applicato verticale	[-]	0.58	0.58
$k^*_y$	Coefficiente perpendicolare alla direzione del carico applicato vert.	[-]	2.23	2.23
$F^*_{y,Rd}$	Resistenza a rifollamento in direzione verticale	[kN]	431	431
$V_{Rd,3}$	<b>Resistenza a rifollamento del coprighiunto d'anima (min.)*</b>	[kN]	<b>390</b>	<b>438</b>
4. RESISTENZE A TAGLIO E TRAZIONE DELLA SEZIONE LORDA DEL COPRIGIUNTO D'AN				
$V_{Rd,4}$	<b>Resistenza a taglio della sezione lorda del coprighiunto d'anima</b>	[kN]	<b>2905</b>	<b>2905</b>
$N_{Rd,1}$	<b>Resistenza a trazione della sezione lorda del coprighiunto d'anima</b>	[kN]	<b>6390</b>	<b>6390</b>
5. RESISTENZE A TAGLIO E TRAZIONE DELLA SEZIONE NETTA DEL COPRIGIUNTO D'AN				
$V_{Rd,5}$	<b>Resistenza a taglio della sezione netta del coprighiunto d'anima</b>	[kN]	<b>3244</b>	<b>3244</b>
$N_{Rd,2}$	<b>Resistenza a trazione della sezione netta del coprighiunto d'anima</b>	[kN]	<b>5056</b>	<b>5056</b>
6. RESISTENZE A TAGLIO E TRAZIONE DELLA SEZIONE LORDA DELL'ANIMA DEL PROFII				
$V_{Rd,6}$	<b>Resistenza a taglio della sezione lorda dell'anima del profilo</b>	[kN]	<b>1752</b>	<b>1752</b>
$N_{Rd,3}$	<b>Resistenza a trazione della sezione lorda dell'anima del profilo</b>	[kN]	<b>3854</b>	<b>3854</b>
7. RESISTENZE A TAGLIO E TRAZIONE DELLA SEZIONE NETTA DELL'ANIMA DEL PROFII				
$V_{Rd,7}$	<b>Resistenza a taglio della sezione netta dell'anima del profilo</b>	[kN]	<b>2081</b>	<b>2081</b>
$N_{Rd,4}$	<b>Resistenza a trazione della sezione netta dell'anima del profilo</b>	[kN]	<b>3244</b>	<b>3244</b>

8. RESISTENZE A TRANCIAMENTO PER TAGLIO E TRAZIONE DEL COPRIGIUNTO D'ANIMA				
$A_{nt}$	Area soggetta a trazione del coprighiunto d'anima (rottura per taglio)	[mmq]	2918	2918
$A_{nv}$	Area soggetta a taglio del coprighiunto d'anima (rottura per taglio)	[mmq]	12698	12698
$V_{Rd,8}$	<b>Resistenza a tranciamento per taglio del coprighiunto d'anima</b>	[kN]	<b>3074</b>	<b>3074</b>
$A^*_{nt}$	Area soggetta a trazione del coprighiunto d'anima (rottura per traz.)	[mmq]	11625	11625
$A^*_{nv}$	Area soggetta a taglio del coprighiunto d'anima (rottura per trazione)	[mmq]	5835	5835
$N_{Rd,5}$	<b>Resistenza a tranciamento per trazione del coprighiunto d'anima</b>	[kN]	<b>5882</b>	<b>5882</b>
9. RESISTENZE A TRANCIAMENTO PER TAGLIO E TRAZIONE DELL'ANIMA DEL PROFILO				
$A_{nt}$	Area soggetta a trazione dell'ala del profilo (rottura per taglio)	[mmq]	1459	1459
$A_{nv}$	Area soggetta a taglio dell'ala del profilo (rottura per taglio)	[mmq]	7624	7624
$V_{Rd,9}$	<b>Resistenza a tranciamento per taglio dell'anima del profilo</b>	[kN]	<b>1786</b>	<b>1786</b>
$A^*_{nt}$	Area soggetta a trazione dell'ala del profilo (rottura per trazione)	[mmq]	5813	5813
$A^*_{nv}$	Area soggetta a taglio dell'ala del profilo (rottura per trazione)	[mmq]	3345	3345
$N_{Rd,6}$	<b>Resistenza a tranciamento per trazione dell'anima del profilo</b>	[kN]	<b>3024</b>	<b>3024</b>
RESISTENZA MINIMA DEL COLLEGAMENTO			trave 1	trave 2
$V_{Rd,1-3}$	<b>Resistenza minima a taglio del collegamento (da 1 a 3)*</b>	[kN]	196	220
$V_{Rd,4-9}$	<b>Resistenza minima a taglio del collegamento (da 4 a 9)</b>	[kN]	1752	1752
$N_{Rd,1-3}$	<b>Resistenza minima a trazione del collegamento (da 1 a 3)</b>	[kN]	3854	3854
$N_{Rd,4-6}$	<b>Resistenza minima a trazione del collegamento (da 4 a 6)</b>	[kN]	3024	3024



9.1.5 Verifiche

COMBINAZIONE		VERIFICHE TRAVE 1													
		ALA SUPERIORE			ALA INFERIORE			ANIMA							
		Non verificate: 0			Non verificate: 0			Non verificate: 0				Non verificate: 0			
		F <sub>Rd</sub> [kN]	F <sub>Sd</sub> [kN]	F <sub>Rd</sub> /F <sub>Sd</sub> ≥1 [-]	F <sub>Rd</sub> [kN]	F <sub>Sd</sub> [kN]	F <sub>Rd</sub> /F <sub>Sd</sub> ≥1 [-]	V <sub>Sd</sub> >V <sub>pl,Rd</sub> /2 [SI/NO]	V <sub>Rd</sub> [kN]	V <sub>Sd</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> /V <sub>Sd</sub> ≥1 [-]	N <sub>Rd</sub> [kN]	N <sub>Sd</sub> [kN]	N <sub>Rd</sub> /N <sub>Sd</sub> ≥1 [-]	(V+N)≤1 [-]
1	CC1	1785	127	14.04	1785	127	14.04	NO	1246	121	10.27	3024	241	12.55	0.00
2	CC2	1785	38	46.98	1785	38	46.98	NO	1752	121	14.52	3024	71	42.35	0.00
3	CC3	1785	126	14.22	1785	126	14.22	NO	1254	121	10.37	3024	238	12.70	0.00
4	CC4	1785	40	45.17	1785	40	45.17	NO	1752	121	14.49	3024	74	40.71	0.00
5	CC5	1785	127	14.04	1785	127	14.04	NO	1246	121	10.27	3024	241	12.55	0.00
6	CC6	1785	38	46.98	1785	38	46.98	NO	1752	121	14.52	3024	71	42.35	0.00
7	CC7	1785	126	14.22	1785	126	14.22	NO	1254	121	10.37	3024	238	12.70	0.00
8	CC8	1785	40	45.17	1785	40	45.17	NO	1752	121	14.49	3024	74	40.71	0.00
9	CC9	1785	127	14.04	1785	127	14.04	NO	1246	121	10.27	3024	241	12.55	0.00
10	CC10	1785	38	46.98	1785	38	46.98	NO	1752	121	14.52	3024	71	42.35	0.00
11	CC11	1785	126	14.22	1785	126	14.22	NO	1254	121	10.37	3024	238	12.70	0.00
12	CC12	1785	40	45.17	1785	40	45.17	NO	1752	121	14.49	3024	74	40.71	0.00
13	CC13	1785	127	14.04	1785	127	14.04	NO	1246	121	10.27	3024	241	12.55	0.00
14	CC14	1785	38	46.98	1785	38	46.98	NO	1752	121	14.52	3024	71	42.35	0.00
15	CC15	1785	126	14.22	1785	126	14.22	NO	1254	121	10.37	3024	238	12.70	0.00
16	CC16	1785	40	45.17	1785	40	45.17	NO	1752	121	14.49	3024	74	40.71	0.00
17	CC1	1785	43	41.64	1785	43	41.64	NO	1458	49	29.94	3024	78	38.67	0.00
18	CC2	1785	573	3.11	1785	573	3.11	NO	296	102	2.91	3024	1088	2.78	0.00
19	CC3	1785	501	3.56	1785	501	3.56	NO	338	102	3.30	3024	951	3.18	0.00
20	CC4	1785	25	72.66	1785	25	72.66	NO	1752	76	22.99	3024	43	69.67	0.00
21	CC5	1785	43	41.64	1785	43	41.64	NO	1458	49	29.94	3024	78	38.67	0.00
22	CC6	1785	573	3.11	1785	573	3.11	NO	296	102	2.91	3024	1088	2.78	0.00
23	CC7	1785	501	3.56	1785	501	3.56	NO	338	102	3.30	3024	951	3.18	0.00
24	CC8	1785	25	72.66	1785	25	72.66	NO	1752	76	22.99	3024	43	69.67	0.00
25	CC9	1785	43	41.64	1785	43	41.64	NO	1458	49	29.94	3024	78	38.67	0.00
26	CC10	1785	573	3.11	1785	573	3.11	NO	296	102	2.91	3024	1088	2.78	0.00
27	CC11	1785	501	3.56	1785	501	3.56	NO	338	102	3.30	3024	951	3.18	0.00
28	CC12	1785	25	72.66	1785	25	72.66	NO	1752	76	22.99	3024	43	69.67	0.00
29	CC13	1785	43	41.64	1785	43	41.64	NO	1458	49	29.94	3024	78	38.67	0.00
30	CC14	1785	573	3.11	1785	573	3.11	NO	296	102	2.91	3024	1088	2.78	0.00
31	CC15	1785	501	3.56	1785	501	3.56	NO	338	102	3.30	3024	951	3.18	0.00
32	CC16	1785	25	72.66	1785	25	72.66	NO	1752	76	22.99	3024	43	69.67	0.00
33	CC1	1785	726	2.46	1785	726	2.46	NO	213	91	2.35	3024	1378	2.19	0.00
34	CC2	1785	12	150.57	1785	12	150.57	NO	1752	42	41.68	3024	20	150.12	0.00
35	CC3	1785	32	55.67	1785	32	55.67	NO	788	17	47.66	3024	59	51.54	0.00
36	CC4	1785	670	2.66	1785	670	2.66	NO	196	77	2.55	3024	1273	2.38	0.00
37	CC5	1785	726	2.46	1785	726	2.46	NO	213	91	2.35	3024	1378	2.19	0.00
38	CC6	1785	12	150.57	1785	12	150.57	NO	1752	42	41.68	3024	20	150.12	0.00
39	CC7	1785	32	55.67	1785	32	55.67	NO	788	17	47.66	3024	59	51.54	0.00
40	CC8	1785	670	2.66	1785	670	2.66	NO	196	77	2.55	3024	1273	2.38	0.00
41	CC9	1785	726	2.46	1785	726	2.46	NO	213	91	2.35	3024	1378	2.19	0.00
42	CC10	1785	12	150.57	1785	12	150.57	NO	1752	42	41.68	3024	20	150.12	0.00
43	CC11	1785	32	55.67	1785	32	55.67	NO	788	17	47.66	3024	59	51.54	0.00
44	CC12	1785	670	2.66	1785	670	2.66	NO	196	77	2.55	3024	1273	2.38	0.00
45	CC13	1785	726	2.46	1785	726	2.46	NO	213	91	2.35	3024	1378	2.19	0.00
46	CC14	1785	12	150.57	1785	12	150.57	NO	1752	42	41.68	3024	20	150.12	0.00
47	CC15	1785	32	55.67	1785	32	55.67	NO	788	17	47.66	3024	59	51.54	0.00
48	CC16	1785	670	2.66	1785	670	2.66	NO	196	77	2.55	3024	1273	2.38	0.00

COMBINAZIONE		VERIFICHE TRAVE 2													
		ALA SUPERIORE			ALA INFERIORE			ANIMA							
		Non verificate: 0			Non verificate: 0			Non verificate: 0				Non verificate: 0			
		F <sub>Rd</sub> [kN]	F <sub>Sd</sub> [kN]	F <sub>Rd</sub> /F <sub>Sd</sub> ≥1 [-]	F <sub>Rd</sub> [kN]	F <sub>Sd</sub> [kN]	F <sub>Rd</sub> /F <sub>Sd</sub> ≥1 [-]	V <sub>Sd</sub> >V <sub>pl,Rd</sub> /2 [SI/NO]	V <sub>Rd</sub> [kN]	V <sub>Sd</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> /V <sub>Sd</sub> ≥1 [-]	N <sub>Rd</sub> [kN]	N <sub>Sd</sub> [kN]	N <sub>Rd</sub> /N <sub>Sd</sub> ≥1 [-]	(V+N)≤1 [-]
1	CC1	1785	113	15.86	1785	113	15.86	NO	1363	121	11.24	3024	213	14.17	0.00
2	CC2	1785	34	53.02	1785	34	53.02	NO	1752	121	14.52	3024	63	47.83	0.00
3	CC3	1785	111	16.05	1785	111	16.05	NO	1373	121	11.35	3024	211	14.34	0.00
4	CC4	1785	35	50.98	1785	35	50.98	NO	1752	121	14.49	3024	66	45.97	0.00
5	CC5	1785	113	15.86	1785	113	15.86	NO	1363	121	11.24	3024	213	14.17	0.00
6	CC6	1785	34	53.02	1785	34	53.02	NO	1752	121	14.52	3024	63	47.83	0.00
7	CC7	1785	111	16.05	1785	111	16.05	NO	1373	121	11.35	3024	211	14.34	0.00
8	CC8	1785	35	50.98	1785	35	50.98	NO	1752	121	14.49	3024	66	45.97	0.00
9	CC9	1785	113	15.86	1785	113	15.86	NO	1363	121	11.24	3024	213	14.17	0.00
10	CC10	1785	34	53.02	1785	34	53.02	NO	1752	121	14.52	3024	63	47.83	0.00
11	CC11	1785	111	16.05	1785	111	16.05	NO	1373	121	11.35	3024	211	14.34	0.00
12	CC12	1785	35	50.98	1785	35	50.98	NO	1752	121	14.49	3024	66	45.97	0.00
13	CC13	1785	113	15.86	1785	113	15.86	NO	1363	121	11.24	3024	213	14.17	0.00
14	CC14	1785	34	53.02	1785	34	53.02	NO	1752	121	14.52	3024	63	47.83	0.00
15	CC15	1785	111	16.05	1785	111	16.05	NO	1373	121	11.35	3024	211	14.34	0.00
16	CC16	1785	35	50.98	1785	35	50.98	NO	1752	121	14.49	3024	66	45.97	0.00
17	CC1	1785	38	46.93	1785	38	46.93	NO	1593	49	32.69	3024	69	43.67	0.00
18	CC2	1785	507	3.52	1785	507	3.52	NO	332	102	3.26	3024	963	3.14	0.00
19	CC3	1785	444	4.02	1785	444	4.02	NO	378	102	3.69	3024	842	3.59	0.00
20	CC4	1785	22	81.76	1785	22	81.76	NO	1752	76	22.99	3024	38	78.67	0.00
21	CC5	1785	38	46.93	1785	38	46.93	NO	1593	49	32.69	3024	69	43.67	0.00
22	CC6	1785	507	3.52	1785	507	3.52	NO	332	102	3.26	3024	963	3.14	0.00
23	CC7	1785	444	4.02	1785	444	4.02	NO	378	102	3.69	3024	842	3.59	0.00
24	CC8	1785	22	81.76	1785	22	81.76	NO	1752	76	22.99	3024	38	78.67	0.00
25	CC9	1785	38	46.93	1785	38	46.93	NO	1593	49	32.69	3024	69	43.67	0.00
26	CC10	1785	507	3.52	1785	507	3.52	NO	332	102	3.26	3024	963	3.14	0.00
27	CC11	1785	444	4.02	1785	444	4.02	NO	378	102	3.69	3024	842	3.59	0.00
28	CC12	1785	22	81.76	1785	22	81.76	NO	1752	76	22.99	3024	38	78.67	0.00
29	CC13	1785	38	46.93	1785	38	46.93	NO	1593	49	32.69	3024	69	43.67	0.00
30	CC14	1785	507	3.52	1785	507	3.52	NO	332	102	3.26	3024	963	3.14	0.00
31	CC15	1785	444	4.02	1785	444	4.02	NO	378	102	3.69	3024	842	3.59	0.00
32	CC16	1785	22	81.76	1785	22	81.76	NO	1752	76	22.99	3024	38	78.67	0.00
33	CC1	1785	643	2.78	1785	643	2.78	NO	239	91	2.63	3024	1220	2.48	0.00
34	CC2	1785	11	169.12	1785	11	169.12	NO	1752	42	41.68	3024	18	169.52	0.00
35	CC3	1785	28	62.75	1785	28	62.75	NO	870	17	52.65	3024	52	58.20	0.00
36	CC4	1785	594	3.01	1785	594	3.01	NO	220	77	2.86	3024	1127	2.68	0.00
37	CC5	1785	643	2.78	1785	643	2.78	NO	239	91	2.63	3024	1220	2.48	0.00
38	CC6	1785	11	169.12	1785	11	169.12	NO	1752	42	41.68	3024	18	169.52	0.00
39	CC7	1785	28	62.75	1785	28	62.75	NO	870	17	52.65	3024	52	58.20	0.00
40	CC8	1785	594	3.01	1785	594	3.01	NO	220	77	2.86	3024	1127	2.68	0.00
41	CC9	1785	643	2.78	1785	643	2.78	NO	239	91	2.63	3024	1220	2.48	0.00
42	CC10	1785	11	169.12	1785	11	169.12	NO	1752	42	41.68	3024	18	169.52	0.00
43	CC11	1785	28	62.75	1785	28	62.75	NO	870	17	52.65	3024	52	58.20	0.00
44	CC12	1785	594	3.01	1785	594	3.01	NO	220	77	2.86	3024	1127	2.68	0.00
45	CC13	1785	643	2.78	1785	643	2.78	NO	239	91	2.63	3024	1220	2.48	0.00
46	CC14	1785	11	169.12	1785	11	169.12	NO	1752	42	41.68	3024	18	169.52	0.00
47	CC15	1785	28	62.75	1785	28	62.75	NO	870	17	52.65	3024	52	58.20	0.00
48	CC16	1785	594	3.01	1785	594	3.01	NO	220	77	2.86	3024	1127	2.68	0.00

## 10 VERIFICA CONTROVENTI

I controventi di falda sono elementi aggiunti con lo scopo irrigidire l'impalcato costituito da travi principali e traversi durante la fase di realizzazione del getto.

### 9.1. Criteri di verifica

Si considera l'effetto delle imperfezioni, tensioni residue e difetti geometrici dei profili in acciaio, seguendo le prescrizioni riportate nella Circolare 617/2009 sulle NTC2008 paragrafo C4.2.3.5., riportate nelle stampe seguenti.

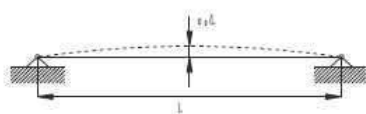
Nell'analisi di un sistema di controvento, le imperfezioni del sistema controventato possono essere tenute in conto considerando uno scostamento di quest'ultimo dalla configurazione iniziale di valor massimo  $e_0$  uguale a

$$e_0 = \alpha_m \cdot \frac{L}{500} \quad (C4.2.13)$$

dove  $L$  è la luce del sistema di controvento e  $\alpha_m$  dipende dal numero  $m$  di elementi controventati,

$$\alpha_m = \sqrt{\frac{1}{2} \left( 1 + \frac{1}{m} \right)} \quad (C4.2.14)$$

Tabella C4.2.I Valori massimi delle imperfezioni locali

	Curva d'instabilità (v. Tabella 4.2.VI NTC)	$e_0/L$ (analisi globale elastica)	$e_0/L$ (analisi globale plastica)
	a <sub>0</sub>		1/350
a		1/300	1/250
b		1/250	1/200
c		1/200	1/150
d		1/150	1/100

Gli effetti delle imperfezioni sul sistema di controvento possono essere tenute in conto anche mediante un carico distribuito equivalente

$$q_d = \frac{8(e_0 + \delta_q)N_{Ed}}{L^2} \quad (C4.2.15)$$

dove  $\delta_q$  è la freccia massima del sistema di controvento dovuta a  $q_d$  e ai carichi esterni, da considerarsi nulla se si effettua un'analisi del second'ordine, e  $N_{Ed}$  è la forza normale di compressione nel sistema o quella trasmessa dagli elementi controventati (Figura C4.2.5).

Se il sistema di controventamento è preposto alla stabilizzazione laterale di un elemento inflesso di altezza  $h$ , la forza  $N_{Ed}$ , riportata nella (C4.2.15) e rappresentativa degli effetti prodotti dall'instabilità della piattabanda compressa dell'elemento inflesso sul controventamento, è data da

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h} \quad (C4.2.16)$$

dove  $M_{Ed}$  è il massimo momento flettente nell'elemento inflesso. Se l'elemento da stabilizzare è soggetto anche a compressione assiale, una quota di tale sollecitazione deve essere considerata per determinare  $N_{Ed}$ .

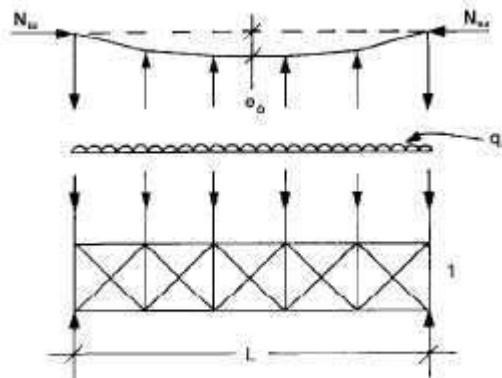


Figura C4.2.5 Forze equivalenti in sistemi di controvento

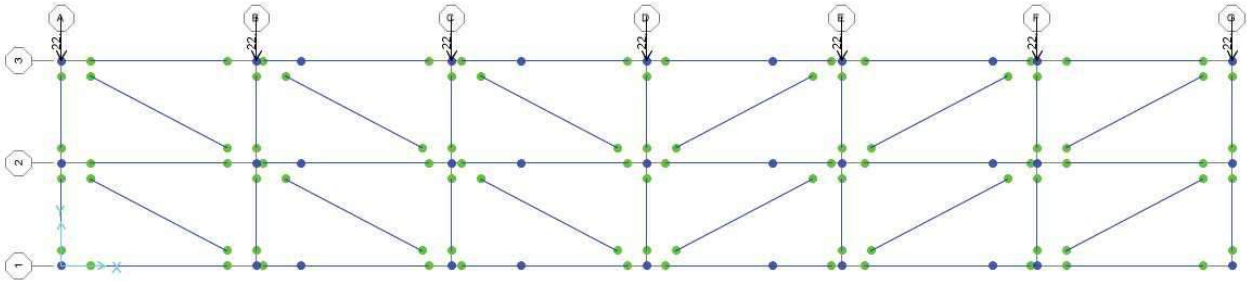
Inoltre, a vantaggio di sicurezza, si considera l'azione del vento con ponte scarico, applicato sulla trave più esterna e considerando solo la componente orizzontale.

## 9.2. Modello di calcolo e carichi applicati

Per effettuare il calcolo si crea un modello di calcolo ad elementi finiti, considerando solo gli elementi in acciaio: le travi principali, i traversi e i controventi.

Ai fini di questa analisi, tutti gli elementi sono stati considerati "bielle", ovvero elementi reagenti solo in direzione del loro asse, trascurando la loro rigidezza flessionale. Tutti i nodi sono quindi incernierati, formano una trave reticolare.

I controventi si considerano reagenti solo a trazione, pertanto nel modello di calcolo vengono considerati solo quelli tesi, per un determinato schema di carico.



I carichi esterni vengono applicati come carichi nodali ai nodi della struttura.

Si riportano in sintesi i valori relativi al calcolo dei carichi esterni da applicare alla struttura.

Momento sulle travi principali derivante dai casi di carico G1-ACCIAIO e G1 – SOLETTA:

$$M_{G1\text{-acciaio}} = 1284 \text{ kNm} \quad M_{G1\text{-soletta}} = 4524 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = M_{G1\text{-acciaio}} + M_{G1\text{-soletta}} = 5808 \text{ kNm}$$

L'azione assiale di compressione agente sulla piattabanda superiore risulta pari a

$$N_{Ed} = M_{Ed} / h = 5808 / 1.9575 = 2967.1 \text{ kN}$$

Il parametro  $\alpha_m$  risulta pari a  $\alpha_m = \sqrt{0.5 (1 + 1/m)} = 0.816$

con  $m = 3$  che indica il numero di elementi controventati.

La misura del difetto  $e_0$  risulta  $e_0 = \alpha_m L / 500 = 0.0607 \text{ m}$

con  $L = 37.2 \text{ m}$  che coincide con la luce dell'impalcato in esame.

Quindi, il carico distribuito equivalente da applicare risulta pari a

$$q_{Ed} = 3 N_{Ed} * 8 * e_0 / L^2 = 3.126 \text{ kN/m}$$

Infine, tale carico distribuito si trasforma in carico nodale da applicare sulla reticolare

$$Q_{Ed} = 3.126 * 6.20 = 19.38 \text{ kN.}$$



Per quanto riguarda il carico da vento, si utilizza lo stesso valore utilizzato nell'analisi globale, che ammonta a  $q_{\text{vento-sc}} = 3.54 \text{ kN/m}$  (applicato al metro lineare di impalcato).

Pertanto, il valore del carico nodale da applicare risulta

$$Q_{\text{vento-sc}} = 3.54 * 6.20 = 21.95 \text{ kN/m}$$

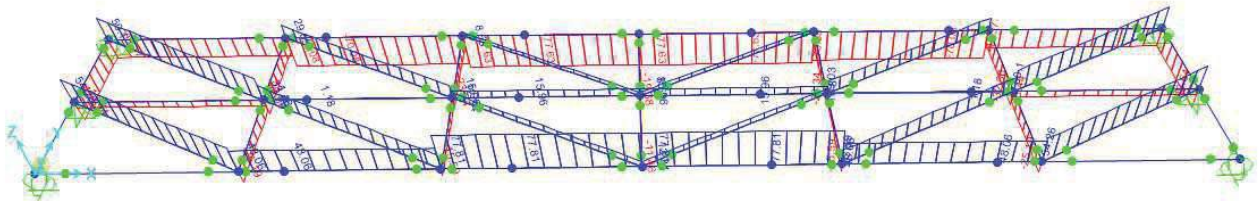
#### Combinazione di carico

La combinazione di carico con la quale si effettuano le verifiche vede in combinazione il carico dovuto alle imperfezioni (associate al peso proprio e al peso del getto) ed il carico da vento, con i seguenti coefficienti:

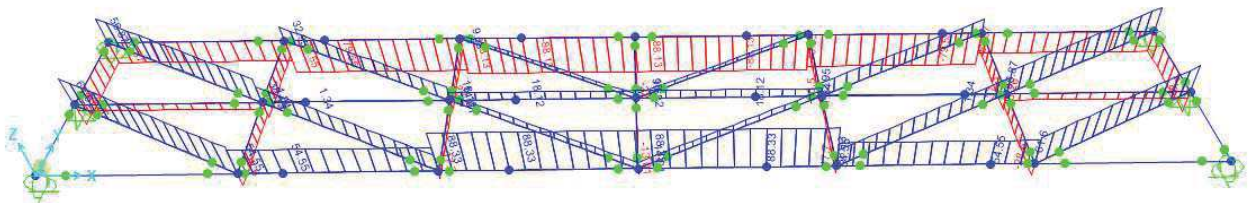
$$\text{Comb.} = 1.35 * Q_{\text{Ed}} + 1.50 * Q_{\text{vento}}$$

### 9.3. Sollecitazioni di verifica

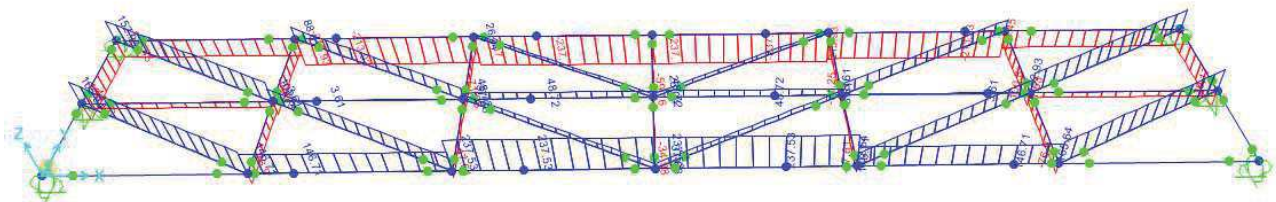
Nel seguito si riportano i diagrammi delle azioni assiali nelle aste, per i due casi di carico esaminati e per la combinazione di verifica.



*Azioni assiali dovute alle imperfezioni*



*Azioni assiali dovute al vento (ponte scarico)*

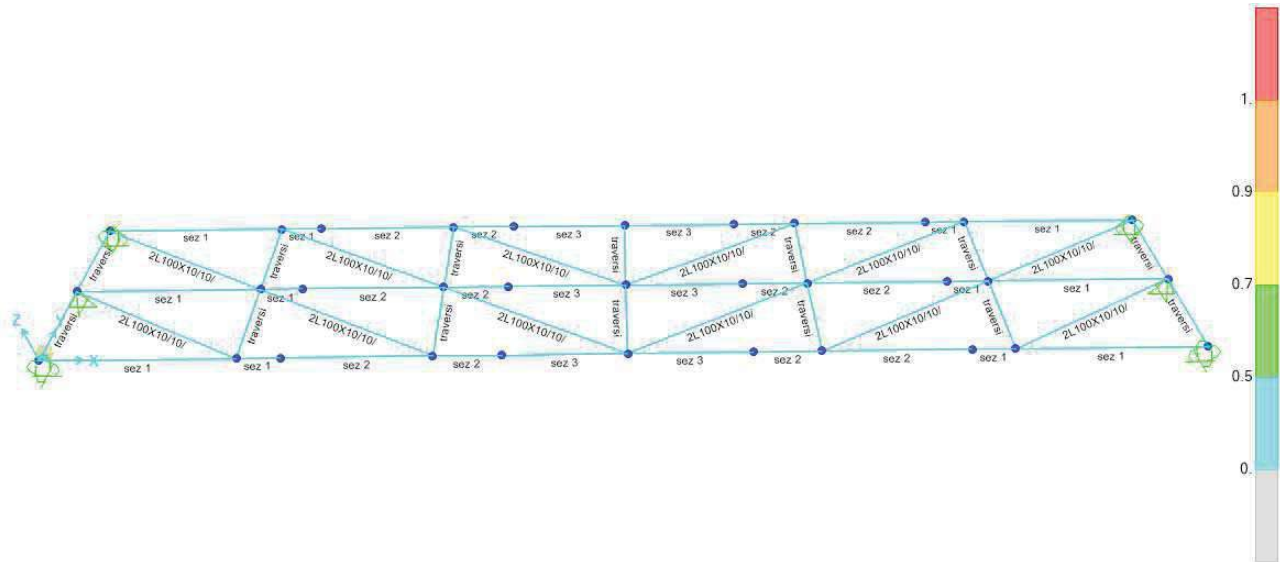


*Azioni assiali nella combinazione di verifica*

## 9.4. Verifica dei controventi

I criteri di verifica degli elementi in acciaio sono i medesimi riportati in precedenza, utilizzati per le verifiche delle travi principali e dei traversi.

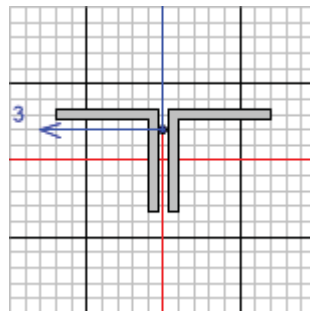
Di seguito si riporta il diagramma di sintesi con i coefficienti di sfruttamento delle aste.



*Coefficienti di sfruttamento delle aste*

Come evidente dal diagramma, le verifiche sono soddisfatte per tutti i controventi.

Si riporta, inoltre, la scheda di verifica di dettaglio degli elementi più sollecitati, che coincidono con gli elementi in prossimità degli appoggi.



Italian NTC 2008 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 83	X Mid: 34.1	Combo: Combo	Design Type: Beam
Length: 7.	Y Mid: 1.625	Shape: 2L100X10/10/	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 7.	Z Mid: 0.	Class: Class 4	Rolled : Yes

Interaction=Method Both	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.004	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.004	Iyy=3.533E-06	iyy=0.03	Wel,yy=4.922E-05	Weff,yy=4.922E-05
It=0.	Izz=7.762E-06	izz=0.045	Wel,zz=7.392E-05	Weff,zz=7.392E-05

Relazione di Calcolo Impalcato

153

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



Progetto Esecutivo

Iw=0. Iyz=0. h=0.1 Wpl,yy=9.095E-05 Av,y=0.002  
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.273E-04 Av,z=0.002  
Iyz=0. Imax=7.762E-06 imax=0.045 Wel,zz,maj=7.392E-05  
Rot= 90. deg Imin=3.533E-06 imin=0.03 Wel,zz,min=4.922E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
7.	165.645	0.	0.	0.	0.	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.3(2))

D/C Ratio: 0.128 = 0.128 + 0. + 0. < 0.95 OK  
= NEd/(Aeff fy/GammaM0) + (My,Ed+NEd eNy)/(Weff,y,min fy/GammaM0)  
+ (Mz,Ed+NEd eNz)/(Weff,z,min fy/GammaM0) (EC3 6.2.9.3(2))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	165.645	1295.243	1295.243	1295.243	1406.743	2923.665	322.018	1.
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Minor (y-y)	b 0.34	149.432	3.017	5.529	0.098	127.442		
MinorB(y-y)	b 0.34	149.432	3.017	5.529	0.098	127.442		
Major (z-z)	b 0.34	328.303	2.035	2.883	0.203	262.966		
MajorB(z-z)	b 0.34	328.303	2.035	2.883	0.203	262.966		
Torsional TF	b 0.34	322.018	2.055	2.927	0.2	258.462		

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Minor (y-y)	0.	0.	0.	0.	16.641	16.641	16.641	12.399
Major (z-z)	0.	0.	0.	0.	24.993	24.993	24.993	
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr		
LTB	d 0.76	0.549	0.783	0.745	1.	57.963		
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz				
	1.	1.	1.	1.				

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.	0.	390.399	0.	OK
Minor (y)	0.	0.	324.031	0.	OK
Reduction	Vpl,Rd 390.399	Eta 1.	LambdabarW 0.127		

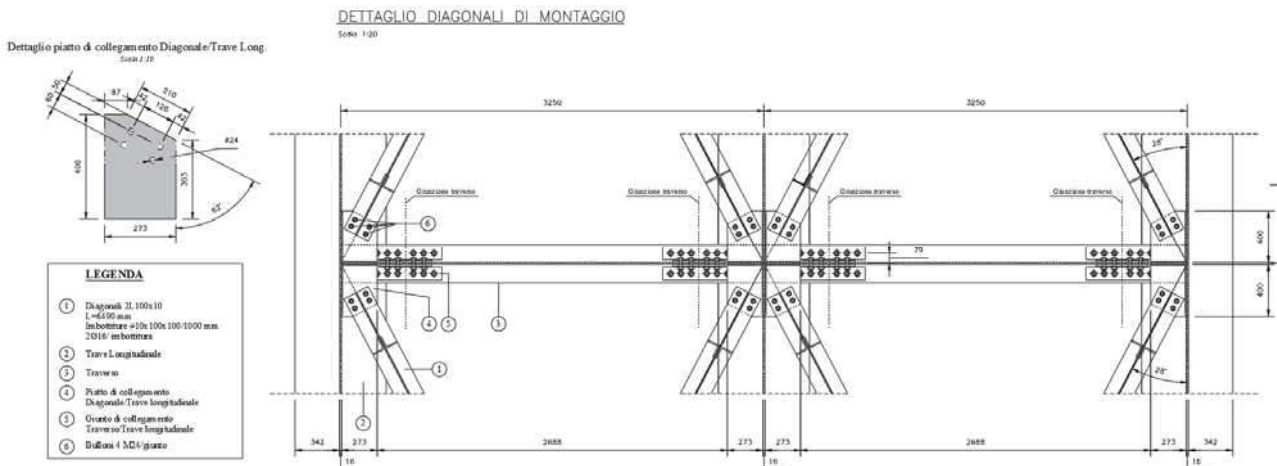
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0.	0.

## 9.5. Verifica della connessione bullonata

Per la verifica strutturale della connessione bullonata si utilizza la stessa azione massima di trazione pari a  $F_{Ed} = 165.64$  kN.

Si tratta di una connessione bullonata considerata reagente solo "a taglio", composta da 4 bulloni M24.



Vengono effettuate, secondo quanto riportato in D.M. 14/01/2008 paragrafi 4.2.8.1.1 e 4.2.4.1.2, le seguenti verifiche:

- Resistenza a taglio del gambo dei bulloni;
- Resistenza a rifollamento degli elementi da unire;
- Resistenza a trazione del profilo (sezione depurata dai fori).

Per ogni tipologia di giunto vengono effettuate le verifiche per l'ala superiore, l'anima e l'ala inferiore. Viene inoltre riportata la verifica della sezione depurata dai fori.

### a) Resistenza a taglio del gambo dei bulloni

La resistenza di calcolo a Stato Limite Ultimo a taglio del gambo dei bulloni di classe 10.9 è assunta pari a:

$$F_{V,Rd} = 0.5 \cdot \frac{f_{tb} k A_{res}}{\gamma_{M2}} = 0.5 \times 1000 \times 353 / 1.25 = 141.2 \text{ kN} > F_{Ed} / 4 = 41.41 \quad \text{Verificato}$$

dove:  $f_{tb}$  resistenza a rottura dell'acciaio del bullone;  
 $A_{res}$  area resistente del bullone;  
 $\gamma_{M2}$  coefficiente di sicurezza (pari a 1.25).

### b) Resistenza a rifollamento degli elementi da unire

La resistenza di calcolo a Stato Limite Ultimo a rifollamento del piatto dell'unione bullonata è assunta pari a:

$$F_{b,Rd} = N \cdot k \cdot \alpha \cdot \frac{f_{tk} d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 4 \times 2.5 \times 0.52 \times 510 \cdot 24 \cdot 10 / 1.25 \cdot 10^{-3} = 509.18 \text{ kN}$$

$$> F_{Ed} = 165.64 \text{ kN} \quad \text{Verificato}$$

dove:  $d$  diametro nominale del gambo del bullone;  
 $t$  spessore della piastra collegata;

$f_{tk}$  resistenza a rottura dell'acciaio della piastra collegata;  
 $\alpha$  coefficiente correttivo in direzione del carico applicato, pari a:  
 $= \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\} = \min (40/(3 \cdot 25.5); 1000/510; 1) = 0.52$  per i bulloni di bordo;  
 $= \min \left\{ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0.25; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$  per i bulloni interni;  
 $k$  coefficiente correttivo in direzione perpend. del carico applicato, pari a:  
 $= \min \left\{ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\} = \min (2.8 \cdot 42/25.5 - 1.7; 2.5) = 2.5$  per i bulloni di  
bordo;  
 $= \min \left\{ 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\}$  per i bulloni interni;

### c) Resistenza del profilo (sezione depurata dai fori)

I controventi sono profili composti da 2 L 100 x 10.

La resistenza di calcolo a Stato Limite Ultimo a trazione degli elementi di connessione è assunta pari a:

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} = 0.9 \times 1000 \times 510 / 1.25 = 367.2 \text{ kN} > F_{Ed} = 165.64 \text{ kN} \quad \text{Verificato}$$
$$A_{net} = 2 (100 \times 10 - 2 \times 10 \times 25) = 1000 \text{ mm}^2$$

dove:  $A_{net}$  area netta dell'ala collegata (depurata dai fori);  
 $f_{tk}$  resistenza a rottura dell'acciaio del profilo;  
 $\gamma_{M2}$  coefficiente di sicurezza (pari a 1.25).

## 11 VERIFICA SOLETTA (EFFETTI LOCALI)

Di seguito sono riportate le analisi e le relative verifiche di resistenza utilizzate per la progettazione della armatura trasversale della soletta in c.a.

Tale progettazione è stata effettuata considerando due fasi distinte, (I) una prima considera la lastra tralicciata soggetta al peso proprio e al peso del cls fluido costituente il getto della soletta per uno spessore complessivo (comprensivo della lastra) di 0.30m; (II) una seconda fase che considera tutte le altre azioni esterne ritenute pertinenti per l'elemento strutturale "soletta".

### 11.1 Verifica Predalle (Fase I)

Per la realizzazione della soletta si utilizzano le predalles come casseforme allo scopo di sostenere il peso della soletta fluida.

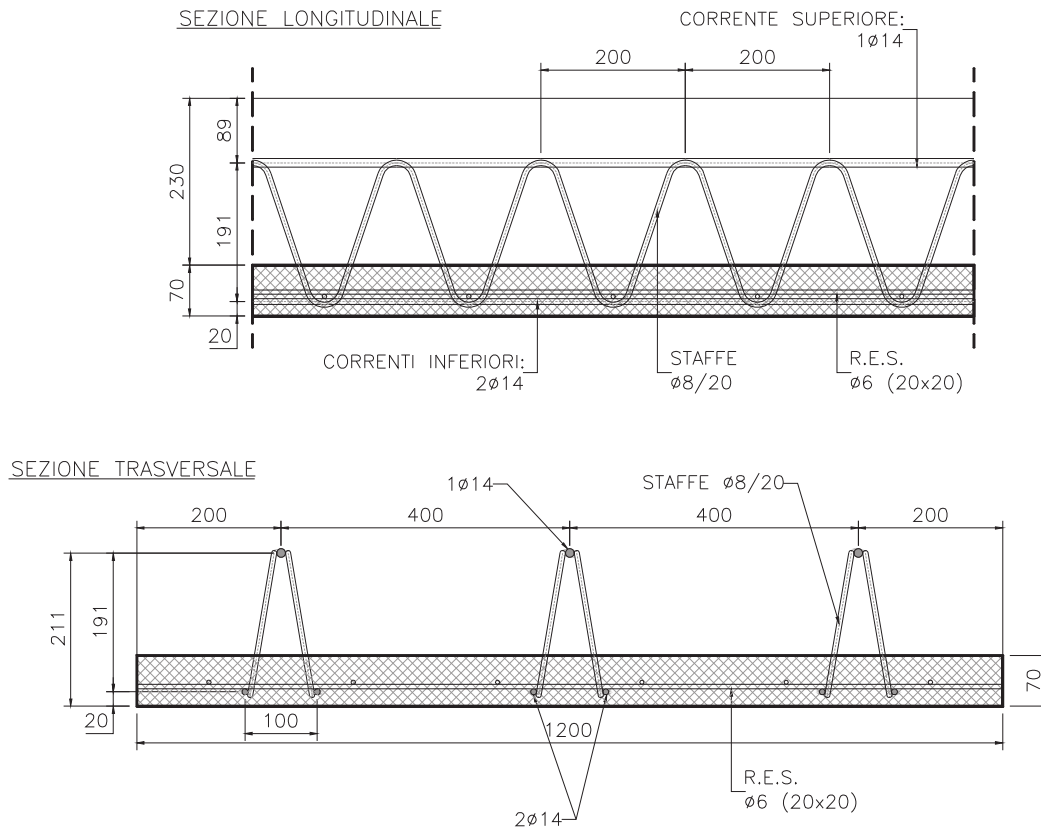


Figura 25: Lastra metallica

Sono costituite da elementi prefabbricati di larghezza pari 1.20 m che contengono tre tralicci di armatura così definiti:

Ogni traliccio è costituito da 2Φ14 inferiori + 1Φ14 superiore e Φ8/20 come ferri diagonali resistenti a taglio; lo spessore della predalle è pari a 7 cm ed è armata anche da una rete elettrosaldata Φ6/20x20.

Si riportano le sollecitazioni e le verifiche della "lastra tralicciata":

**CARATTERISTICHE MATERIALI**

**Progetto**

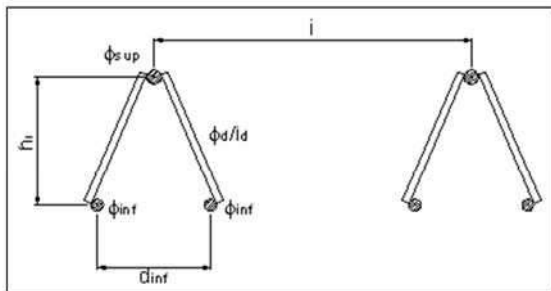
Peso specifico c.a.	$\gamma$	25	(kN/m <sup>3</sup> )
R <sub>ck</sub>		40	(MPa)
f <sub>ck</sub>		33.2	(MPa)
E <sub>acciaio</sub>		210000	(MPa)

Fe	B450C	
f <sub>yk</sub>	450	(MPa)
$\gamma_{fpp}$	1.35	
$\gamma_{fperm}$	1.5	
$\gamma_{m0}$	1.15	
$\gamma_{m1}$	1.15	

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

Spessore soletta	ss	23	cm
Spessore predalle	sd	7	cm
Dimensione trasversale predalle	Bd	120	cm
Appoggio predalle		5	cm
Interasse tralicci i		40	cm
Numero di tralicci per ogni elemento	n.	3.0	( )
Dimensione minima piattabanda		500	mm
Dimensione minima rompitratta		500	mm

Altezza tipo Bastrada Ht		191	mm
Diametro corrente superiore $\phi_{sup}$	1	14.0	mm
Diametro diagonali $\phi_d$	2	8.0	mm
Diametro corrente inferiore $\phi_{inf}$	2	14.0	mm
Distanza correnti inferiori d <sub>inf</sub>		10.0	cm
Altezza h <sub>t</sub> fra correnti sup. e inf.		17.3	cm
Interasse diagonali d <sub>d</sub>	lc	20.0	cm
Fattore di imperfezione $\alpha$		0.49	
Accidentale in fase di getto		0.00	(KN/mq)



Carico totale  $\times \gamma_f$  13.19 (KN/m)

Fasi di getto sbalzi

no

Luci effettive

Sbalzo sx	2.000	m
Sbalzo dx	2.000	m
Cordolo sx	0.750	m
Cordolo dx	0.750	m
Campata 1	3.250	m

Luci di calcolo

Sbalzo sx	2.00	m
Sbalzo dx	2.00	m
Campata 1	2.85	m

**Corrente superiore**

Diametro corrente superiore $\phi_{sup}$	1	14	mm
Area barra compressa	A	1.539	cm <sup>2</sup>
Momento d'inerzia barra	Jb	0.1886	cm <sup>4</sup>
Raggio di inerzia	i	0.35	cm
Luce di inflessione (b=1)	L <sub>0</sub>	20.0	cm
Snellezza	$\lambda$	57.1	( )
$N_{cr} = \pi^2 EJ / L_0^2$	N <sub>cr</sub>	97.7	KN
Snellezza adimensionale	$\lambda\alpha$	0.842	( )
	$\Phi$	1.012	
Coefficiente di instabilità	$\chi$	0.636	( )
$N_{b,Rd} = \chi A f_{yk} / \gamma_{m1}$	N <sub>b,Rd</sub>	-38.3	KN
$N_{c,Rd} = A f_{yk} / \gamma_{m0}$	N <sub>c,Rd</sub>	60.2	KN

**Correnti inferiori**

Diametro corrente inferiore $\phi_{inf}$	2	14	mm
Area barra	A	1.539	cm <sup>2</sup>
Momento d'inerzia barra	Jb	0.1886	cm <sup>4</sup>
Raggio di inerzia	i	0.35	cm
Luce di inflessione (b=1)	L <sub>0</sub>	20.0	cm
Snellezza	$\lambda$	57.1	( )
$N_{cr} = \pi^2 EJ / L_0^2$	N <sub>cr</sub>	97.7	KN
Snellezza adimensionale	$\lambda\alpha$	0.842	( )
	$\Phi$	1.012	
Coefficiente di instabilità	$\chi$	0.636	( )
$N_{b,Rd} = \chi A f_{yk} / \gamma_{m1}$	N <sub>b,Rd</sub>	-38.3	KN
$N_{c,Rd} = A f_{yk} / \gamma_{m0}$	N <sub>c,Rd</sub>	60.2	KN

**Barre inclinate**

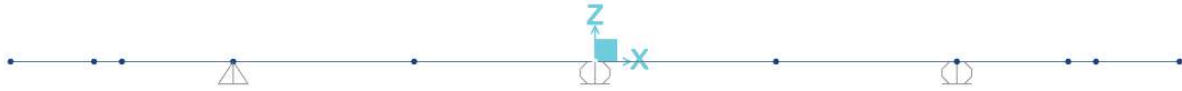
Diametro diagonali $\phi_d$	2	8	mm
angolo in sezione	$\alpha$	16.12	°
angolo in profilo	$\beta$	30.03	°
Area barra compressa	A	0.503	cm <sup>2</sup>
Momento d'inerzia barra	Jb	0.0201	cm <sup>4</sup>
Raggio di inerzia	i	0.20	cm
Luce di inflessione (b=1)	lc	20.60	cm
Snellezza	$\lambda$	103.0	( )
$N_{cr} = \pi^2 EJ / L_0^2$	N <sub>cr</sub>	9.8	KN
Snellezza adimensionale	$\lambda\alpha$	1.518	( )
	$\Phi$	1.974	
Coefficiente di instabilità	$\chi$	0.309	( )
$N_{b,Rd} = \chi A f_{yk} / \gamma_{m1}$	N <sub>b,Rd</sub>	-6.1	KN
$N_{c,Rd} = A f_{yk} / \gamma_{m0}$	N <sub>c,Rd</sub>	19.7	KN

**Traliccio complessivo**

Momento d'inerzia orizzontale	Jsup	204.95
	Jinf	102.76
	Jx	307.7
Area	A	4.62
Distanza baricentro barre inf.	Ygi	5.8
Distanza baricentro barre sup.	Ygs	11.5
Modulo di resistenza inf.	Wi	53.361
Modulo di resistenza sup.	Ws	26.680

## 11.2 Verifica Soletta (Fase II)

Lo schema statico è assimilabile ad una trave continua su 3 appoggi e di lunghezza complessiva pari alla larghezza dell'impalcato  $L = 10.50$  m.



Si considera una sezione di soletta di larghezza pari a 1 m. La soletta viene quindi modellata con una asta di larghezza pari a 1 m e altezza pari a 30 cm.

### 11.2.1 Analisi dei carichi

#### Peso proprio

Nel modello di calcolo la soletta è modellata con la sua sezione complessiva (100 x 30 cm) ed il peso complessivo viene computato automaticamente dal software nel caso di carico G1-SOLETTA

$$0.30 \times 1.00 \times 25.00 \text{ kN/mc} = 7.50 \text{ kN/m}$$

#### Carichi permanenti

- cordoli laterali in c.a. (**CORDOLI**)  $0.18 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} \times 25 \text{ kN/mc} = 4.50 \text{ kN/m}$
- pavimentazione  $1.00 \times 3.00 \text{ kN/mq} = 3.00 \text{ kN/m}$
- sicurvia  $1.00 \text{ kN/m}$
- Velette e reti di protezione  $3.00 \text{ kN/m}$

#### Carichi accidentali da traffico

Trattandosi di ponte di prima categoria, si considerano gravanti sull'impalcato due colonne di carichi mobili, di seguito specificate:



Figura 5.1.1 – Esempio di numerazione delle corsie

Tabella 5.1.I - Numero e Larghezza delle corsie

Larghezza di carreggiata "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40 \text{ m}$	$n_c = 1$	3,00	$(w - 3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0 \text{ m}$	$n_c = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_c = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_c)$



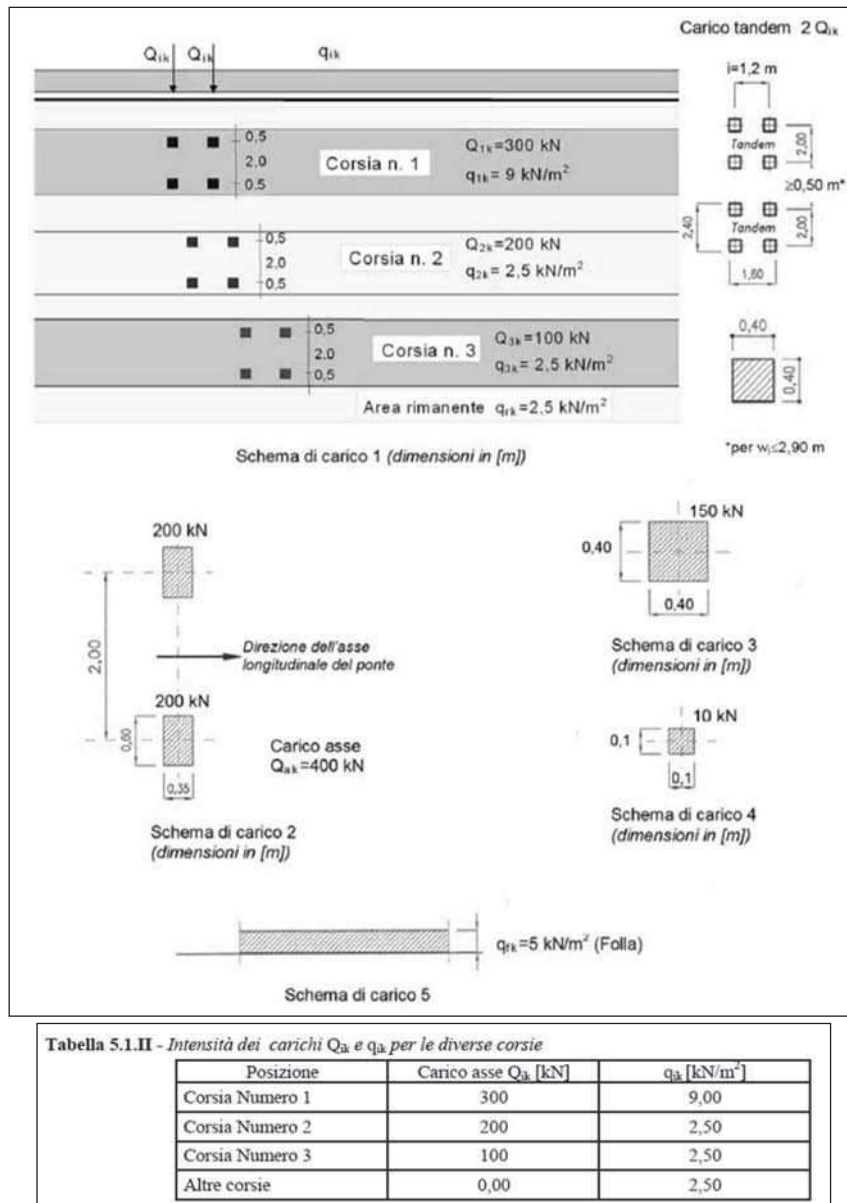


Figura 26: Schema carichi Mobili

- una prima colonna di carichi costituita da un automezzo aderente al cordolo  $2Q_{1k}$  di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanziati di 1.20 m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di 2.00 m, più carichi  $q_{1k}$  di 9 kN/mq distribuiti linearmente in asse al convoglio oltre l'ingombro di  $Q_{1k}$ ;
- una seconda colonna di carichi costituita da un automezzo adiacente alla stesa 1,  $2Q_{2k}$  di 400 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanziati di 1.20 m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di 2.00 m, più carichi  $q_{2k}$  di 2.5 kN/mq distribuiti linearmente in asse al convoglio oltre l'ingombro di  $Q_{2k}$ , posta ad interasse dalla precedente di 3.00 m.
- una terza colonna di carichi costituita da un automezzo adiacente alla stesa 2  $2Q_{3k}$  di 200 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanziati di 1.20 m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di 2.00 m, più carichi  $q_{3k}$  di 2.5 kN/mq distribuiti linearmente in asse al convoglio oltre l'ingombro di  $Q_{3k}$ , posta ad interasse dalla precedente di 3.00 m.

I carichi sono disposti in senso trasversale e longitudinale in maniera da massimizzare il valore della sollecitazione di interesse.

Si considerano nello specifico gli schemi di carico 1 e 2 (NTC 2008, paragrafo 5.1.3.3), nelle configurazioni riportate nel seguito:

### **Schemi di carico 1**

- SC1-1, SC1-2 e SC1-dist1:** Colonna di carico 1 (carico tandem  $2Q_{1k}=600$  kN e carico uniforme  $q_{1k}=9$  kN/mq) disposta accostata al cordolo, considerata nella posizione che genera le condizioni più gravose per la soletta, tra posizionamento in prossimità dell'asse appoggi e in campata);
- SC1-3, SC1-4 e SC1-dist2** Colonna di carico 2 (carico tandem  $2Q_{2k}=400$  kN e carico uniforme  $q_{2k}=2.5$  kN/mq) disposta accostata alla colonna di carico 1, considerata nella posizione che genera le condizioni più gravose, tra asse appoggi e campata;
- SC1-5, SC1-6 e SC1-dist2:** Colonna di carico 3 (carico tandem  $2Q_{3k}=200$  kN e carico uniforme  $q_{3k}=2.5$  kN/mq), disposta ad interasse 3 m dalla Colonna di carico 2, considerata nella posizione che genera le condizioni più gravose, tra asse appoggi e campata.
- SC1-7, SC1-8 e SC1-dist4** Colonna di carico 1 (carico tandem  $2Q_{1k}=600$  kN e carico uniforme  $q_{1k}=2.50$  kN/mq) disposta in asse impalcato (corsia di carico 2), nella posizione che genera le condizioni più gravose, tra asse appoggi e campata;

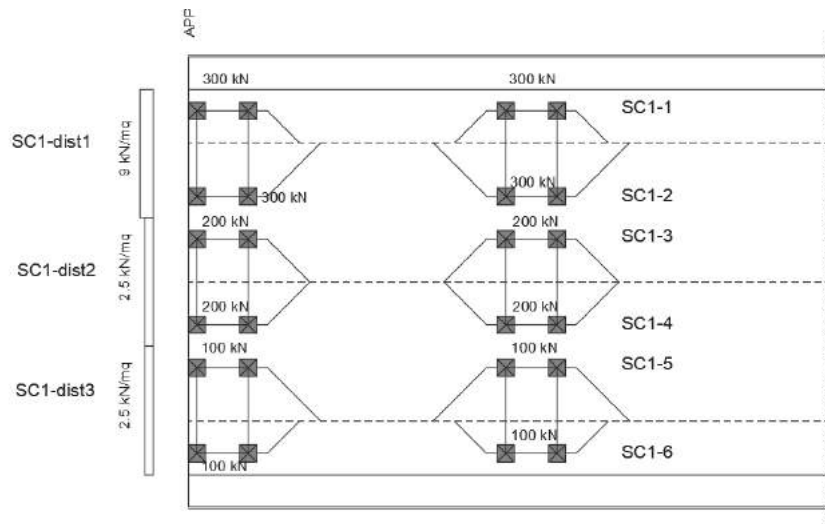


Figura 27: Schema dei carichi 1 accidentali sulla piattaforma

Le combinazioni di carico prese in esame per gli schemi di carico 1 sono i seguenti:

- ACC-01 – considera caricata la sola corsia di carico 1;
- ACC-02 – considera caricate contemporaneamente le corsie di carico 1 e 2, rispettivamente con le colonne di carico 1 e 2;
- ACC-03 – considera caricate contemporaneamente le corsie di carico 1, 2 e 3, rispettivamente con le colonne di carico 1, 2 e 3.
- ACC-04 – considera caricata la sola corsia di carico 2 (centrale) con la colonna di carico 1.

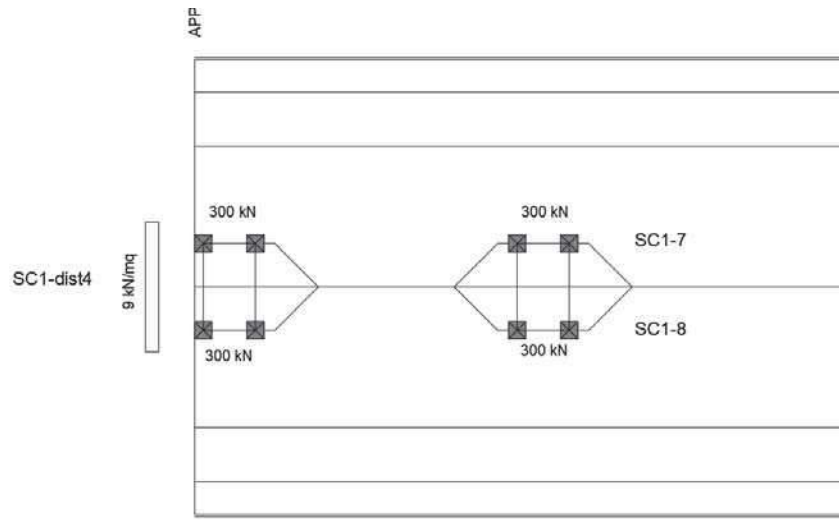


Figura 28: Schema dei carichi 1 accidentali sulla piattaforma

Nella combinazione a Stato Limite di Fessurazione i carichi tandem verranno inseriti con un fattore di riduzione pari a 0.75, mentre i carichi uniformi con un fattore di riduzione pari a 0.40 (come prescritto dalla tabella 5.1.VI del D.M. 14/01/2008).

### **Schemi di carico 2:**

- SC2-1 e SC2-2:** Due carichi asse  $Q_{ak}=200$  kN, considerati in tandem con interasse pari a 2 m, disposti accostati al cordolo, considerati nella posizione che genera le condizioni più gravose per la soletta, tra posizionamento in prossimità dell'asse appoggi e in campata);
- SC2-3 e SC2-4:** Due carichi asse  $Q_{ak}=200$  kN, considerati in tandem con interasse pari a 2 m, posizionati ad interasse 3 m rispetta a SC2-1 e SC2-2.
- SC2-5 e SC2-6:** Due carichi asse  $Q_{ak}=200$  kN, considerati in tandem con interasse pari a 2 m, accostati al cordolo opposto rispetto a SC2-1 e SC2-2;

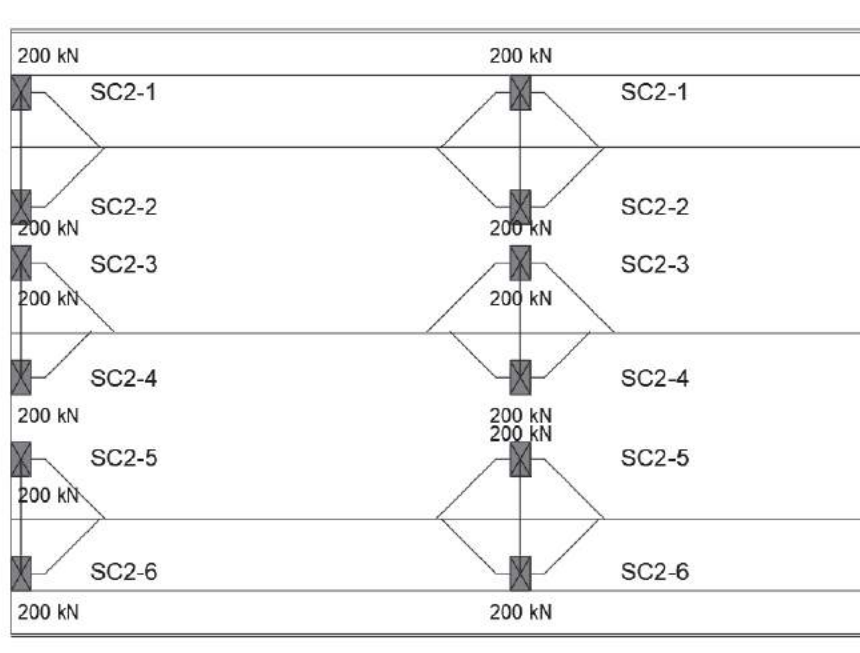


Figura 29: Schema dei carichi 2 accidentali sulla piattaforma

Le combinazioni di carico prese in esame per gli schemi di carico 1 sono i seguenti:

- ACC-05 – considera la presenza dei soli carichi SC2-1 ed SC2-2;
- ACC-06 – considera la presenza contemporanea dei carichi SC2-1, SC2-2, SC2-3 ed SC2-4;
- ACC-07 – considera la presenza contemporanea dei carichi SC2-1, SC2-2, SC2-3, SC2-4, SC2-5 ed SC2-6;
- ACC-08 – considera la presenza contemporanea delle singole ruote SC2-1 e SC2-4;
- ACC-09 – considera la presenza contemporanea delle singole ruote SC2-2, SC2-3, SC2-4 ed SC2-5;
- ACC-10 – considera la presenza contemporanea dei carichi SC2-3 e SC2-4.

Nella combinazione a Stato Limite di Fessurazione il carico asse (o la singola ruota) verrà inserito con un fattore di riduzione pari a 0.75 (come prescritto dalla tabella 5.1.VI del D.M. 14/01/2008).

In tutti i casi le impronte di carico vengono opportunamente diffuse a 45° in orizzontale fino all'asse della trave più prossima per tener conto della collaborazione a piastra della soletta.

Tutte le condizioni di carico verranno opportunamente involuppate per creare le condizioni di carico più gravose nelle zone degli assi appoggi delle spalle e nelle zone di campata, secondo il seguente schema:

**ACC-APP:** involuppo di tutte le combinazioni di carico con carichi posizionati in prossimità dell'asse degli appoggi;

**ACC-CAMP:** involuppo di tutte le combinazioni di carico con carichi posizionati in campata.

#### Urto del veicolo in svio:

In base a quanto riportato in D.M. 14/01/2008 paragrafo 5.1.3.10 si è considerata la forza dell'urto pari a 100 kN distribuita su 50 cm e applicata a 1.00 m dal piano viario.

Si considerano i seguenti casi:

- urto in prossimità dell'asse appoggi della spalla A (**URTO\_app**);
- urto in campata (**URTO\_camp**)

In entrambi i casi la forza d'urto è stata diffusa (composta da una forza di trazione e da un momento flettente) in orizzontale a 45° fino all'asse della trave più prossima per tener conto della collaborazione a piastra della soletta (operando in modo del tutto analogo ai carichi accidentali).

### 11.2.2 Combinazioni di carico

Si effettuano le verifiche a Stato Limite di Esercizio e le verifiche a Stato Limite Ultimo, secondo le seguenti combinazioni:

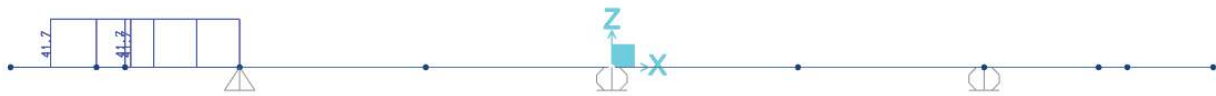
	PGO	PERM	ACC-FR *	ACC-CAR *	URTO **
<b>SLE-QP</b>	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
<b>SLE-FR</b>	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
<b>SLE-RARA</b>	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00
<b>SLU-QP</b>	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00
<b>SLU-FR</b>	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00
<b>SLU-RARA</b>	1.35	1.35	0.00	1.35	0.00
<b>SLU-ECC</b>	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00

\* Gli accidentali sono l'involuppo dei carichi accidentali sopra descritti: il modello differenzia gli accidentali diffusi nelle zone di campata (**ACC-CAMP**) con gli accidentali diffusi nelle zone di appoggio delle spalle (**ACC-APP**) dove la diffusione è minore.

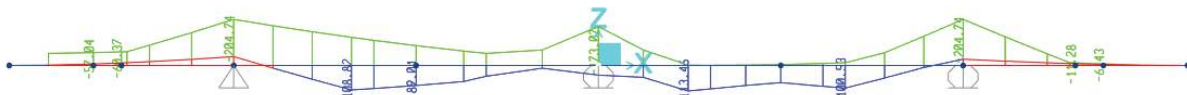
\*\* L'urto è differenziato a seconda che avvenga nelle zone di campata (**URTO\_camp**) o nelle zone di appoggio sulle spalle (**URTO\_app**) dove la diffusione è minore.

### 11.2.3 Sollecitazioni di verifica

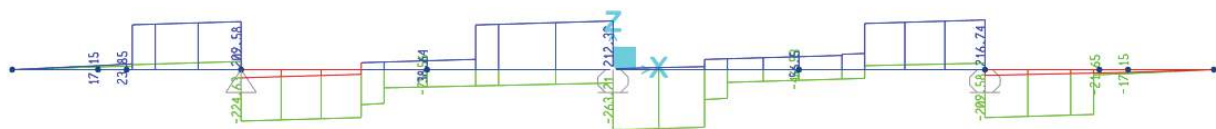
Le sollecitazioni che si ricavano dal programma di calcolo *SAP2000 Advanced* sono schematizzate nei grafici seguenti.



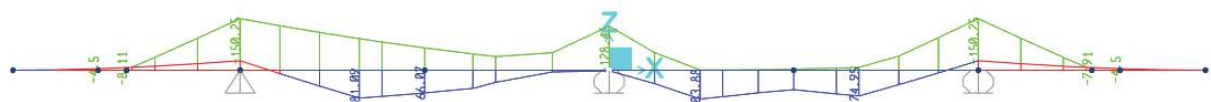
Azione assiale a Stato Limite Ultimo (involuppo) [kN]



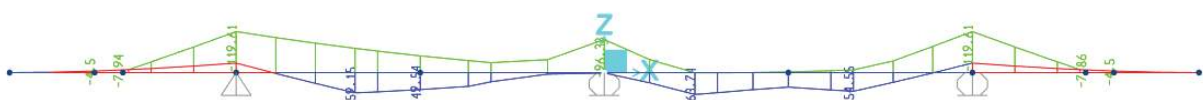
Momento flettente a Stato Limite Ultimo (involuppo) [kNm]



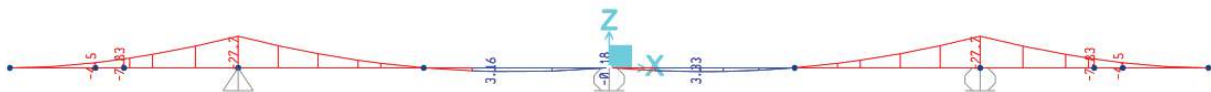
Taglio a Stato Limite Ultimo (involuppo) [kN]



Momento flettente a Stato Limite di Esercizio - combinazione rara (involuppo) [kNm]



Momento flettente a Stato Limite di Esercizio - combinazione frequente (involuppo) [kNm]



Momento flettente a Stato Limite di Esercizio - combinazione quasipermanente (involuppo) [kNm]

#### 11.2.4 Verifiche strutturali della soletta

La sezione di verifica ha le dimensioni di 100 x 30 cm e l'armatura seguente:

Intradosso:  $\varnothing$  16/20 cm +  $\varnothing$  14/20 cm (armatura longitudinale predalles);

Estradosso:  $\varnothing$  18/10 cm.

Il copriferro netto è pari a 40 mm.

#### Verifica agli Stati Limite di Esercizio

##### VERIFICA IN SEZIONE PARZIALIZZATA - VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO

##### Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unità di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100.0  
h2 30.0 b3 100.0

##### Descrizione dell'armatura normale

5  $\varnothing$ 16 mm posizionati a 5.0 cm da intradosso  
5  $\varnothing$ 14 mm posizionati a 3.0 cm da intradosso  
10  $\varnothing$ 18 mm posizionati a 25.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 4319.7 (mm<sup>2</sup>) a 16.4 cm da intrad.

##### Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15

##### Condizione di carico 1

Momento = -150.0 (KN.m)  
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -11.11 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 272.14 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.5 (cm)  
Braccio di leva interno = 21.6 (cm)

##### Condizione di carico 2

Momento = -120.0 (KN.m)  
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo = -8.88 (N/mm<sup>2</sup>)  
Trazione massima nell'acciaio = 217.71 (N/mm<sup>2</sup>)  
Distanza asse neutro da lembo compresso = 9.5 (cm)  
Braccio di leva interno = 21.6 (cm)

##### Condizione di carico 3

Momento = -28.0 (KN.m)  
Sforzo normale = 0.0 (KN)



Compressione massima nel calcestruzzo	=	-2.07 (N/mm <sup>2</sup> )
Trazione massima nell'acciaio	=	50.80 (N/mm <sup>2</sup> )
Distanza asse neutro da lembo compresso	=	9.5 (cm)
Braccio di leva interno	=	21.6 (cm)

**VERIFICA A FESSURAZIONE SECONDO PAR. 4.1.2.2.4 TESTO UNICO**

resistenza media a trazione  $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 tensione di formazione della fessura  $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.58$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 coefficienti per calcolo dell'ampiezza teorica delle fessure:

$\alpha_e = E_s / E_{cls} = 6.24$   
 $k_t = 0.6/0.4$  (carichi di breve/lunga durata)  
 $k_1 = 0.8$  (barre ad aderenza migliorata)  
 $k_2 = (\epsilon_1 + \epsilon_2) / 2\epsilon_1$  (0.5 nel caso di flessione)  
 $k_3 = 3.4$   
 $k_4 = 0.425$

**condizione di carico n. 2 (S.L. di apertura delle fessure,  $w_{lim} = w_2$ )**

Momento di progetto  $M = -120.00$  (KN.m)  
 Sforzo assiale di progetto  $N = 0.00$  (KN)

verifica su sezione di prima fase  $A_{omog} = 3604.76$  (cm<sup>2</sup>) ;  $W_{omog} = 19647.29$  (cm<sup>3</sup>)  
 tensione ad estradosso da sforzo assiale  $\sigma_{estr} = N / A_{omog} + N \cdot e / W_{omog} = 0.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ( $e = Y_{bar,cls} - Y_{bar,omog} = -0.24$  cm )  
 momento di formazione della fessura  $M_{fess} = (\sigma_t - \sigma_{estr}) \cdot W_{omog} = -50.74$  (KN.m) < -120.00

altezza sezione  $h = 30.00$  (cm)  
 distanza bar. armatura tesa da lembo comp.  $d = 25.00$  (cm)  
 area armatura tesa  $A_s = 2544.69$  (mm<sup>2</sup>)  
 distanza asse neutro da lembo compresso  $X = 9.49$  (cm)  
 altezza tirante teso  $h_{c,eff} = 6.84$  (cm) (<(h-Y)/3, <h/2)  
 area tirante teso  $A_{c,eff} = 683.59$  (cm<sup>2</sup>) (tirante teso ad estradosso sezione)  
 densità di armatura in zona tesa  $\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff} = 0.03723$   
 ricoprimento armature tese  $c = 4.10$  (cm)  
 diametro (equivalente) armature  $\phi_{eq} = 18.00$  (mm)  
 tensione armatura tesa in sezione fessurata  $\sigma_s = 217.71$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 deformazione media unitaria barre  $\epsilon_{sm} = (\sigma_s - k_t \cdot f_{ctm} / \rho_{eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})) / E_s \geq 0.6 \cdot \sigma_s / E_s = 0.00074361 - 0.00084132$   
 (carichi di breve - lunga durata)  
 distanza massima fra le fessure  $\Delta_{sm} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{eq} / \rho_{eff} = 221.60$  (mm ;  $\epsilon_1 = 0.001371$  ,  $\epsilon_2 =$   
 0.000000 ,  $k_2 = 0.50$ )  
 ampiezza teorica delle fessure  $w_d = \epsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm} = 0.165 - 0.186$  (mm ; carichi di breve - lunga durata)

**condizione di carico n. 3 (S.L. di apertura delle fessure,  $w_{lim} = w_1$ )**

Momento di progetto  $M = -28.00$  (KN.m)  
 Sforzo assiale di progetto  $N = 0.00$  (KN)

verifica su sezione di prima fase  $A_{omog} = 3604.76$  (cm<sup>2</sup>) ;  $W_{omog} = 19647.29$  (cm<sup>3</sup>)  
 tensione ad estradosso da sforzo assiale  $\sigma_{estr} = N / A_{omog} + N \cdot e / W_{omog} = 0.00$  (N/mm<sup>2</sup>)  
 ( $e = Y_{bar,cls} - Y_{bar,omog} = -0.24$  cm )  
 momento di formazione della fessura  $M_{fess} = (\sigma_t - \sigma_{estr}) \cdot W_{omog} = -50.74$  (KN.m) > -28.00

## Verifica agli Stati Limite Ultimi

### VERIFICHE A ROTTURA - RESISTENZA A SFORZO NORMALE E FLESSIONE

#### Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unità di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 100.0  
h2 30.0 b3 100.0

#### Descrizione dell'armatura normale

5  $\phi$ 16 mm posizionati a 5.0 cm da intradosso  
5  $\phi$ 14 mm posizionati a 3.0 cm da intradosso  
10  $\phi$ 18 mm posizionati a 25.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 4319.7 (mm<sup>2</sup>) a 16.4 cm da intrad.

#### Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
Modulo Elastico calcestruzzo = 33642.8 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo = 40.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza caratteristica a snervamento acciaio normale = 450.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza caratteristica a rottura acciaio normale = 540.00 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
Accorciamento ultimo calcestruzzo a flessione  $\epsilon_{cu} = 0.3500 \%$   
Accorciamento ultimo calcestruzzo a compressione  $\epsilon_{cm} = 0.2000 \%$   
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Elasto-plastica con incrudimento finita  
Allungamento ultimo acciaio normale  $\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk} = 6.750 \%$   
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo  $\gamma_c = 1.500$   
Coefficiente di sicurezza acciaio  $\gamma_s = 1.150$   
Termine di lunga durata  $\alpha_{cc} = 0.850$   
Rapporto resistenza cilindrica/cubica  $f_{ck}/R_{ck} = 0.830$   
Resistenza di progetto calcestruzzo  $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c = 0.47 R_{ck}$   
Resistenza di progetto dell'acciaio  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 0.87 f_{yk}$   
Rapporto di sovrarresistenza acciaio normale  $k_n = f_{tk}/f_{yk} = 1.200$

#### Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 18.81 (N/mm<sup>2</sup>)  
Acciaio normale  $f_{yd} = 391.30$  (N/mm<sup>2</sup>) -  $k f_{yd} = 469.57$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

#### Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = -205.0$  (KN.m)  
Sforzo di Progetto  $N_d = 42.0$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 5.0 (cm)  
Momento di Rottura  $M_r = -228.3$  (KN.m)  
Sforzo di Rottura  $N_r = 42.0$  (KN)

Relazione di Calcolo Impalcato

169

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Rottura nel Dominio = 3  
Rapporto  $M_r/M_d$  = 1.114

Condizione di carico 2

Momento di Progetto  $M_d$  = 110.0 (KN.m)  
Sforzo di Progetto  $N_d$  = 0.0 (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 4.9 (cm)  
Momento di Rottura  $M_r$  = 172.3 (KN.m)  
Sforzo di Rottura  $N_r$  = -4.46E-01 (KN)  
Rottura nel Dominio = 3  
Rapporto  $M_r/M_d$  = 1.566

**Verifica a taglio**

La verifica si effettua considerando l'armatura a taglio presente nelle predalles (2Ø14/ 40 cm).

**Caratteristiche dei materiali:**

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck}$ = 40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck}$ = 33 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd}$ = 18.81 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$ = 391.30 N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):**

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed}$ = 262.00 kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed})$ = -42.00 kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed})$ = 0.00 kNm

**Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	$d$ = 250 mm
Larghezza minima della sezione	$b_w$ = 1000 mm

**Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali	$\varnothing$ = 18 mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n$ = 10 --
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl}$ = 2540 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l$ = 0.0102 --

**VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO**

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k$ = 1.89 --
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min}$ = 0.53 N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp}$ = -0.17 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$ = 125.16 kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	<b><math>V_{Rd}</math> = 177.33 kN</b>

**VERIFICA NON SODDISFATTA:**

**occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.**

## VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO

### Armatura aggiuntiva resistente a taglio:

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento  
Diametro ferri a taglio  
Numero dei bracci in sezione trasversale  
Passo in direzione asse elemento  
Area totale di armatura a taglio

$\alpha$	=	<b>70</b> °
$\varnothing_{sw}$	=	<b>8</b> mm
$n_{sw}$	=	<b>5</b> --
$s$	=	<b>200</b> mm
$A_{sw}$	=	250 mm <sup>2</sup>

### Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)  
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls  
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima  
Tensione media di compressione nella sezione  
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse

0.49	<	10.01	SI
$\theta$	=	<b>22.00</b> °	
$f'_{cd}$	=	9.41 N/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_{cp}$	=	-0.17 N/mm <sup>2</sup>	
$\alpha_c$	=	1.00 --	

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura

$$V_{Rsd} = 293.61 \text{ kN}$$

Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls

$$V_{Rcd} = 843.22 \text{ kN}$$

**Resistenza ultima a taglio**

$$V_{Rd} = 293.61 \text{ kN}$$

**VERIFICA SODDISFATTA.**

### 11.2.5 Verifiche strutturali del cordolo bordo ponte

Nel presente paragrafo si riporta la verifica della sezione del cordolo bordo ponte (sezione indicata in rosso nell'immagine seguente).

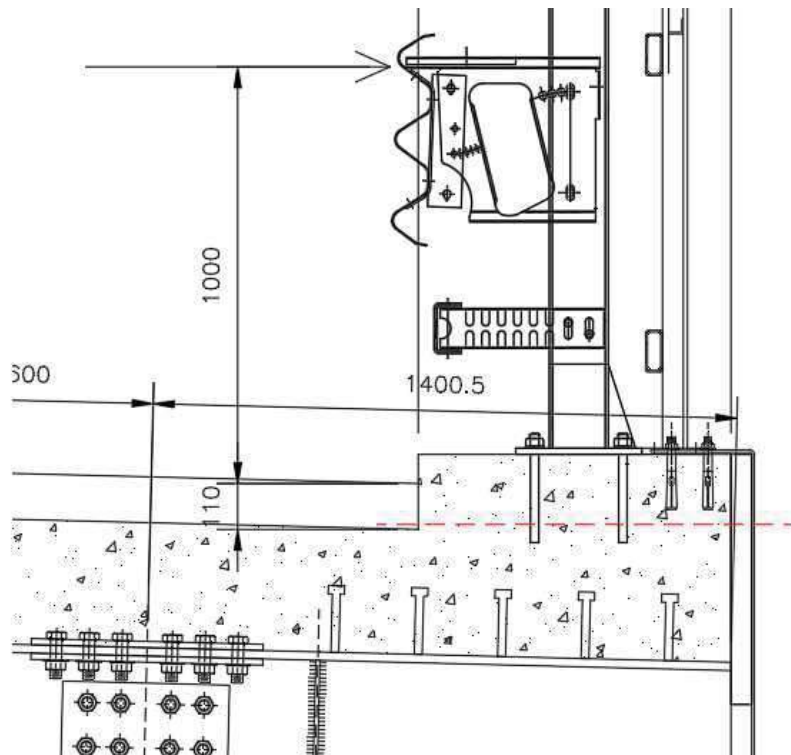


Figura 30: Sezione cordolo bordo ponte

La combinazione di verifica di tale elemento è quella eccezionale che considera l'urto di un veicolo in svio, considerata pari ad una forza di 100 kN, agente ad un'altezza pari a 1 m rispetto al piano viario.

Pertanto, le azioni di verifica del cordolo in questa combinazione sono:

$$M_{Ed} = F_{urto} \times h = 100 \text{ kN} \times 1.11 \text{ m} = 111 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = F_{urto} = 100 \text{ kN.}$$

A favore di sicurezza, nelle verifiche a flessione e taglio si trascura la presenza dell'azione assiale di compressione dovuta a peso proprio del cordolo, velette e barriera di protezione.

La sezione resistente ha le dimensioni di 50 x 75 cm e l'armatura resistente a flessione è  $\varnothing 10/10$  all'intradosso e  $\varnothing 10/10$  all'estradosso. Il copriferro netto è pari a 30 mm.

## Verifica a flessione

### VERIFICHE A ROTTURA - RESISTENZA A SFORZO NORMALE E FLESSIONE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

1 Trapezi elementari - 3 Parametri geometrici -  
Unità di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 50.0  
h2 75.0 b3 50.0

### Descrizione dell'armatura normale

5  $\varnothing 10$  mm posizionati a 4.0 cm da intradosso  
5  $\varnothing 10$  mm posizionati a 71.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 785.4 (mm<sup>2</sup>) a 37.5 cm da intrad.

### Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 210000.0 (N/mm<sup>2</sup>)  
Modulo Elastico calcestruzzo = 33642.8 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo = 40.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza caratteristica a snervamento acciaio normale = 450.00 (N/mm<sup>2</sup>)  
Resistenza caratteristica a rottura acciaio normale = 540.00 (N/mm<sup>2</sup>)

### Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo  
Accorciamento ultimo calcestruzzo a flessione  $\epsilon_{cu} = 0.3500 \%$   
Accorciamento ultimo calcestruzzo a compressione  $\epsilon_{cm} = 0.2000 \%$   
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Elasto-plastica con incrudimento finita  
Allungamento ultimo acciaio normale  $\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk} = 6.750 \%$   
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo  $\gamma_c = 1.500$   
Coefficiente di sicurezza acciaio  $\gamma_s = 1.150$   
Termine di lunga durata  $\alpha_{cc} = 0.850$   
Rapporto resistenza cilindrica/cubica  $f_{ck}/R_{ck} = 0.830$   
Resistenza di progetto calcestruzzo  $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c = 0.47 R_{ck}$   
Resistenza di progetto dell'acciaio  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 0.87 f_{yk}$   
Rapporto di sovraresistenza acciaio normale  $k_n = f_{tk}/f_{yk} = 1.200$

### Resistenze di progetto

Relazione di Calcolo Impalcato

172

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Calcestruzzo = 18.81 (N/mm<sup>2</sup>)  
Acciaio normale  $f_{yd} = 391.30$  (N/mm<sup>2</sup>) -  $kf_{yd} = 469.57$  (N/mm<sup>2</sup>)

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni  
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

Condizione di carico 1

Momento di Progetto  $M_d = 110.0$  (KN.m)  
Sforzo di Progetto  $N_d = 0.0$  (KN)

Distanza asse neutro da lembo compresso = 3.3 (cm)  
Momento di Rottura  $M_r = 127.9$  (KN.m)  
Sforzo di Rottura  $N_r = 8.77E-03$  (KN)  
Rottura nel Dominio 2  
Rapporto  $M_r/M_d = 1.163$

**Verifica a taglio**

**Caratteristiche dei materiali:**

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	$R_{ck} = 40$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	$f_{ck} = 33$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	$f_{cd} = 18.81$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	$f_{yd} = 391.30$ N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):**

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	$V_{Ed} = 100.00$ kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a $V_{Ed}$	$N(V_{Ed}) = 0.00$ kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a $V_{Ed}$	$M(V_{Ed}) = 0.00$ kNm

**Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	$d = 710$ mm
Larghezza minima della sezione	$b_w = 500$ mm

**Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali	$\varnothing = 10$ mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	$n = 5$ --
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	$A_{sl} = 395$ mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ )	$\rho_l = 0.0011$ --

**VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO**

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione ( $\leq 2$ )	$k = 1.53$ --
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	$v_{min} = 0.38$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 \times f_{cd}$ )	$\sigma_{cp} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min} = 135.59$ kN
<b>Resistenza ultima a taglio (<math>V_{Rd} \geq V_{Rd,min}</math>)</b>	<b><math>V_{Rd} = 135.59</math> kN</b>

**VERIFICA SODDISFATTA:**

**non occorre armatura trasversale resistente a taglio.**

## 12 CALCOLO ESCURSIONE DEI GIUNTI

Su ogni spalla vengono posizionati tre appoggi strutturali in elastomero armato. Dall'esame dei risultati delle analisi strutturali, per ciascuna condizione di carico, si estraggono i valori della massima rotazione  $\vartheta$ , da utilizzare per la valutazione delle escursioni dovute a flessione.

- Deformazione per flessione dovuta a ritiro

$$\eta_1 = h_{trave+sol} \cdot \sin(\vartheta) = -2300 \cdot \sin(0.0042 \text{ rad}) = -9.65 \text{ mm}$$

- Deformazione per  $\Delta T$  costante  $\pm 30^\circ$

$$\eta_2 = \alpha \cdot L_{camp*} \cdot \Delta T = \pm 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot 38000 \cdot 30 = \pm 13.68 \text{ mm}$$

- Deformazione per flessione dovuta a farfalla termica  $\Delta T = \pm 5^\circ C$

$$\eta_3 = h_{trave+sol} \cdot \sin(\vartheta) = \pm 2300 \cdot \sin(0.0010 \text{ rad}) = \pm 2.29 \text{ mm}$$

- Deformazione per flessione dovuta ai carichi accidentali

$$\eta_4 = h_{trave+sol} \cdot \sin(\vartheta) = -2300 \cdot \sin(0.0030 \text{ rad}) = -6.90 \text{ mm}$$

- Deformazione per flessione dovuta ai carichi sismici

$$\begin{aligned} \eta_{5-1} &= h_{trave+sol} \cdot \sin(\vartheta) = \pm 2300 \cdot \sin(0.0001 \text{ rad}) = \pm 0.23 \text{ mm} \\ \eta_{5-2} &= \pm \delta = \pm 23.86 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Deformazione risultante ed escursione del giunto

$$\begin{aligned} \eta_{tot}^+ &= +(-\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_{5-1} + \eta_{5-2}) = +49.71 \text{ mm} \\ \eta_{tot}^- &= -(\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4) = -32.52 \text{ mm} \end{aligned}$$

I valori massimi per l'escursione dei giunti delle spalle sono pari a circa 50 mm in direzione positiva (impalcato che si allunga) e circa 33 mm in direzione negativa (impalcato che si accorcia).

Cautelativamente, si adotta un giunto con escursione massima di 120 mm ( $\pm 60$  mm).



## 13 VERIFICA A SOLLEVAMENTO DELL'IMPALCATO

In questo paragrafo si riporta la verifica a sollevamento dell'impalcato per la sostituzione degli apparecchi di appoggio.

Per l'intervento della sostituzione degli apparecchi di appoggio, si prevede il sollevamento dell'impalcato da un lato (spalla A oppure spalla B) mediante l'utilizzo di martinetti idraulici, facendolo appoggiare provvisoriamente su due punti posti a metà dei traversi, ovvero a distanza uguale tra le travi principali. Il primo punto di sollevamento è previsto tra le travi T1 e T2; il secondo punto di sollevamento tra T2 e T3.

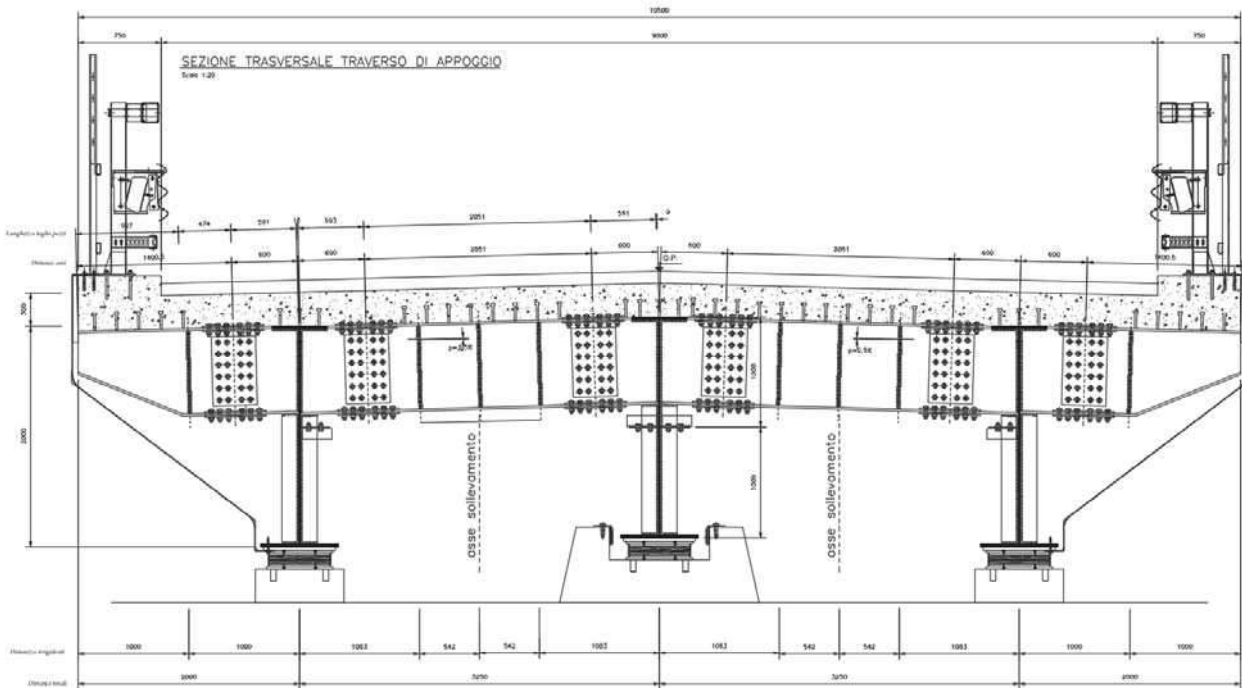


Figura 31: Schema sollevamento

Nello schema statico della verifica a sollevamento si prevede quindi il posizionamento di due appoggi fissi posizionati in mezzeria ai traversi di appoggio di una spalla, dal posto dei tre appoggi elastomerici previsti in progetto.

### Combinazione di verifica

Trattandosi di un intervento di manutenzione straordinaria, si considera per questa verifica la presenza del peso proprio strutturale dell'impalcato e dei carichi permanenti, con i rispettivi coefficienti di amplificazione allo stato limite ultimo.

<i>Comb. SLU-QPERM</i>	1.35	G1-ACCIAIO
	1.35	G1-SOLETTA
	1.50	G2-PERMANENTI
	1.20	E2-RITIRO

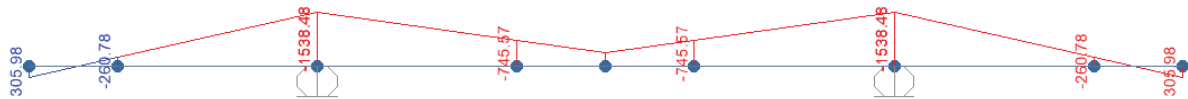
### Sezione di verifica traverso

I due traversi di appoggio sono previsti allineati all'estradosso con le travi principali, quindi direttamente al di sotto della soletta strutturale. Per rendere la soletta collaborante con i traversi di appoggio, sono stati inseriti dei connettori a taglio (pioli) per tutta l'estensione dei traversi.

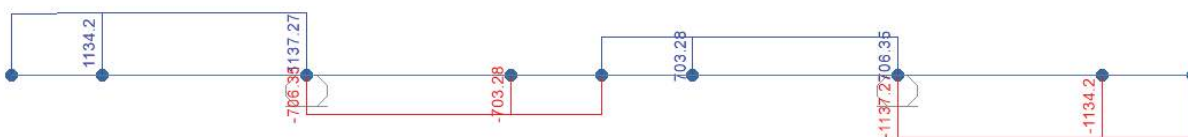
Tuttavia, a favore di sicurezza, in questa analisi si è considerata la sola sezione in acciaio dei traversi, trascurando il contributo offerto dalla soletta collaborante.

### 13.1 Sollecitazioni agenti

Nel presente paragrafo si riportano i grafici delle sollecitazioni agenti sul traverso di appoggio per la combinazione presa in esame.



Momento flettente – verifica di sollevamento [kNm]



Taglio – verifica di sollevamento [kN]



Azione assiale – verifica di sollevamento [kN]

Per maggiore chiarezza si riporta anche la tabella con le sollecitazioni massime e minime sul traverso di appoggio.

TABELLA DELLE MASSIME E MINIME SOLLECITAZIONI									
AZIONE	Frame [-]	Station [-]	OutputCase [-]	P [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	T [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
Max_P	TS05	0.000	CC-SLU-QPERM	-286	702	-1	0	-1	-394
Min_P	TS03	0.000	CC-SLU-QPERM	-286	-706	1	0	0	-1538
Max_V2	TS02	1.125	CC-SLU-QPERM	-286	1137	1	0	0	-1538
Min_V2	TS07	0.000	CC-SLU-QPERM	-286	-1137	-1	0	0	-1538
Max_V3	TS04	0.000	CC-SLU-QPERM	-286	-703	1	0	-1	-746
Min_V3	TS05	0.000	CC-SLU-QPERM	-286	702	-1	0	-1	-394
Max_T	TS01	0.000	CC-SLU-QPERM	-286	1133	1	0	1	306
Min_T	TS06	0.000	CC-SLU-QPERM	-286	703	-1	0	-1	-746
Max_M2	TS01	0.000	CC-SLU-QPERM	-286	1133	1	0	1	306
Min_M2	TS04	0.500	CC-SLU-QPERM	-286	-702	1	0	-1	-394
Max_M3	TS01	0.000	CC-SLU-QPERM	-286	1133	1	0	1	306
Min_M3	TS06	1.125	CC-SLU-QPERM	-286	706	-1	0	0	-1538

### 13.2 Verifiche del traverso di appoggio

Si riportano nel presente paragrafo i risultati dell'analisi in termini di sforzi massimi per la stessa combinazione di carico.

Le tabelle riassuntive degli sforzi propongono nell'ordine:

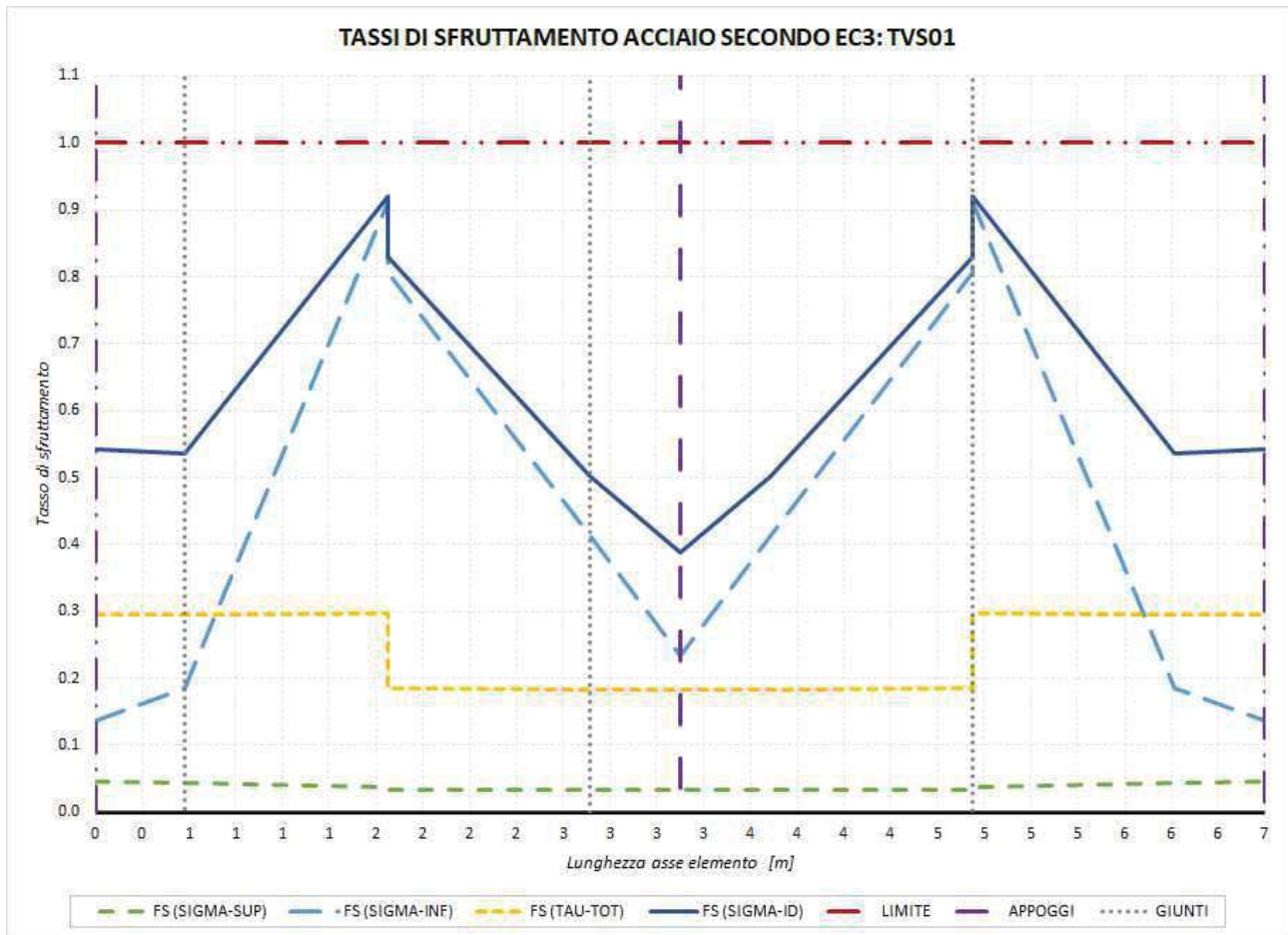
<b>Simbolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>u.m.</b>
<b>FRAME</b>	Indice i dell'asta corrispondente alla massima sollecitazione considerata	-
$\sigma_{max}$	Compressione massima travi in acciaio	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{min}$	Trazione massima travi in acciaio	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{id}$	Tensione ideale massima travi in acciaio	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{max}$	Sforzo di taglio massimo trave in acciaio	N/mm <sup>2</sup>

Si eseguono le verifiche di resistenza sovrapponendo gli effetti delle singole condizioni di carico secondo la combinazione presa in esame. Si osserva che gli sforzi sono positivi se di compressione.

$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$	$\sigma_{s,id-max}$	$\tau_{s,max}$	Combinazione	Tasso Sfruttamento Massimo
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>308.37</b>	<b>-234.01</b>	<b>311.36</b>	<b>100.22</b>	<b>SLU-QPERM</b>	<b>0.92</b>

In tutti i casi analizzati i valori degli sforzi sono entro i limiti di normativa.

Si riporta il grafico di sintesi, che illustra per tutto lo sviluppo del traverso, il rapporto tra le varie componenti di sforzo e la resistenza del materiale.

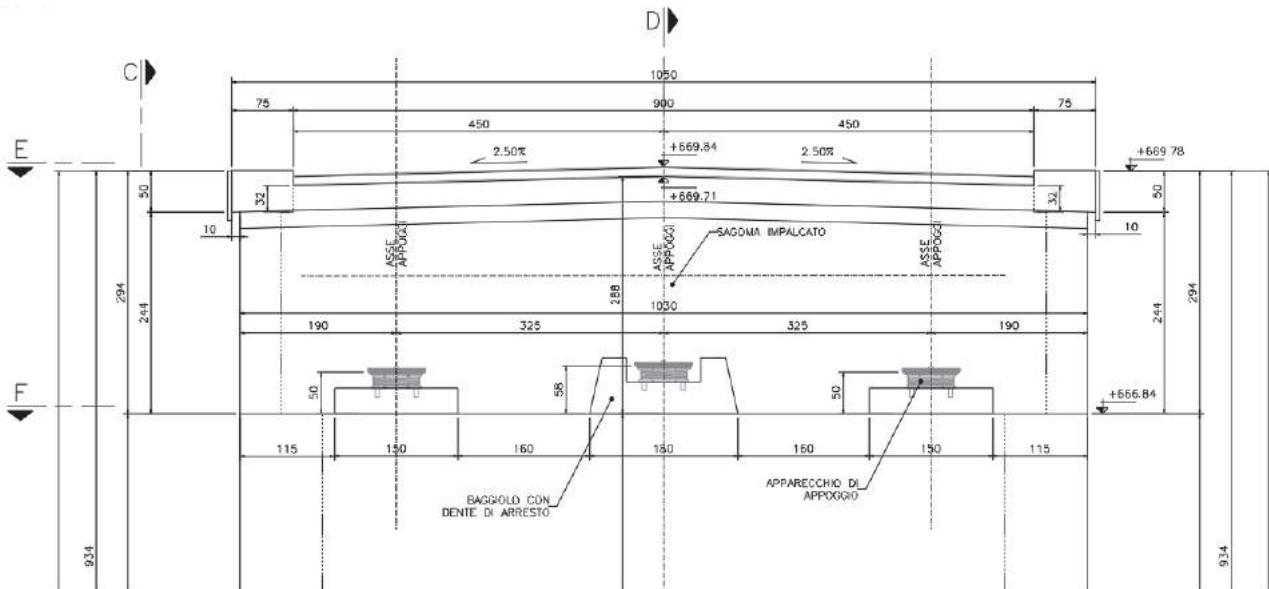


Come evidente le verifiche sono soddisfatte in tutto lo sviluppo del traverso.

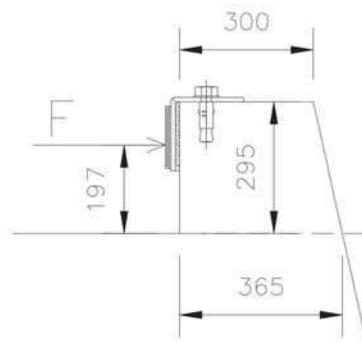
## 14 VERIFICA DEL RITEGNO SISMICO

Il ritegno sismico è previsto in corrispondenza dei due appoggi della trave centrale, uno su ogni spalla, per garantire la limitazione degli spostamenti orizzontali trasversali dell'impalcato durante un evento sismico.

Tale elemento è caratterizzato dalla geometria e dallo stato di sollecitazione di una mensola tozza. Si procede alla verifica del ritegno sismico.



Schema appoggi elastomerici spalle

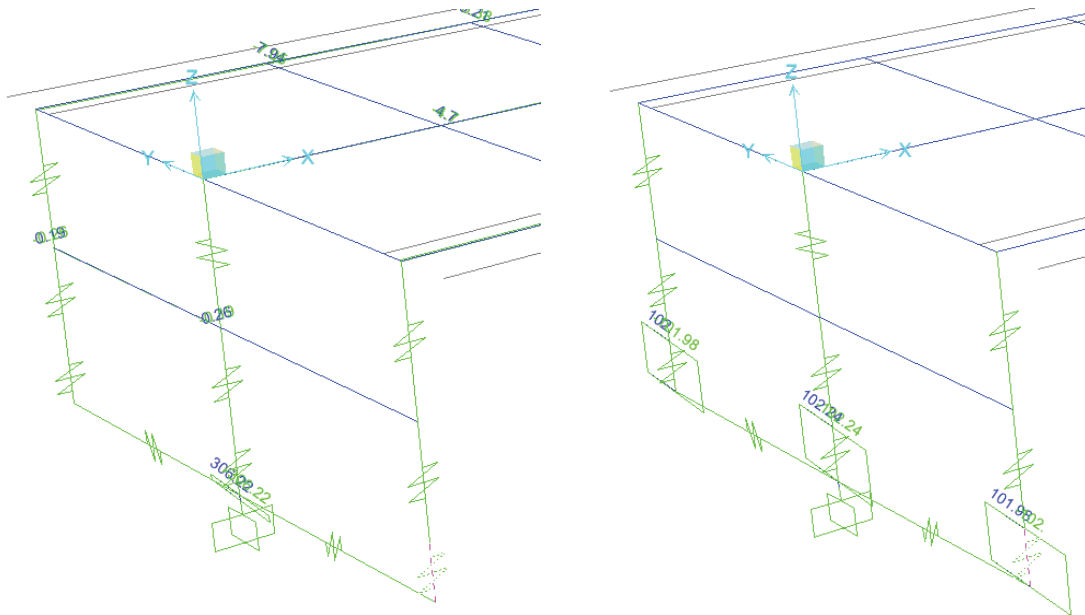


Dettaglio dimensioni ritegno sismico

### 13.1. Azione di taglio di verifica

Per ricavare l'azione di taglio di verifica si utilizza il modello di calcolo globale, sommando i contributi di taglio trasversale dei tre appoggi su una delle spalle, coincidente con la reazione globale di taglio trasversale.

La combinazione più severa risulta la combinazione sismica con la componente principale in direzione trasversale (SLU\_ST1 e SLU\_ST2).



Risultante globale taglio e singole componenti nei tre appoggi

L'azione di taglio da applicare alla mensola tozza risulta pari a **F = 306.22 kN**.

Tale risultato è stato validato facendo un calcolo manuale, considerando la massa totale dell'impalcato eccitata dall'accelerazione di riferimento ricavato dallo spettro di progetto.

La massa totale eccitata si può suddividere nelle seguenti componenti:

- Getto soletta:  $0.30 \times 37.2 \times 10.5 \times 25 = 2929.5$  kN
- Impalcato in acciaio:  $81599$  kg =  $816$  kN x 1.10 (giunzioni) =  $897.6$  kN
- 
- Carichi permanenti:
- Pavimentazione  $3.00 \times 37.2 \times 10.5 = 1171.8$  kN
- Cordoli  $0.75 \times 0.18 \times 2 \times 37.2 \times 25 = 251.1$  kN
- Arredi di bordo  $4.00 \times 2 \times 37.2 = 297.6$  kN
- Totale permanenti  $1720.5$  kN

Massa totale impalcato:  $M = 5547.6$  kN

Si ricava l'accelerazione dallo spettro di riferimento (SLV-H)

$$S_{(T_1 = 0.91 \text{ sec})} = 0.1163 \text{ g}$$

$$F_{\text{tot}} = M * S(T_1) = 5547.6 \times 0.1163 = 645.19 \text{ kN}$$

La forza su ciascun dente di ritegno sismico risulta pari a

$$F = F_{\text{tot}} / 2 = 322.59 \text{ kN} \quad (\Delta = +5.35\% \text{ rispetto alla sollecitazione ricavata dal modello di calcolo})$$



## 13.2. Criteri di verifica

Per la verifica della mensola si applica la prescrizione riportata normativa vigente, che fa riferimento a normative di comprovata validità.

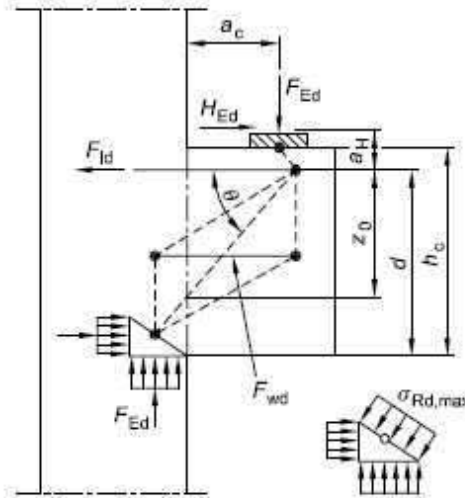
Si segue il procedimento indicato nell'Eurocodice 2, versione: UNI EN 1992-1-1:2005 (6.2.2; 6.5; J.3).

### J.3

#### Mensole

- (1) Le mensole ( $a_c < z_0$ ) possono essere progettate utilizzando modelli tirante e puntone come descritti nel punto 6.5 (vedere figura J.5). L'inclinazione del puntone è limitata da  $1,0 \leq \tan\theta \leq 2,5$ .

figura J.5 Modello tirante e puntone per mensole



- (2) Se  $a_c < 0,5 h_c$ , si raccomanda di disporre staffe chiuse orizzontali o inclinate  $A_{s,Ink} \geq k_1 A_{s,main}$  in aggiunta alle armature di trazione principali [vedere figura J.6 (a)].

Nota Il valore di  $k_1$  da adottare in uno Stato può essere reperito nell'appendice nazionale. Il valore raccomandato è 0,25.

- (3) Se  $a_c > 0,5 h_c$  e  $F_{Ed} > V_{Rd,ct}$  (vedere punto 6.2.2), si raccomanda di disporre staffe chiuse verticali  $A_{s,Ink} \geq k_2 F_{Ed}/f_{yd}$  in aggiunta alle armature di trazione principali [vedere figura J.6 (b)].

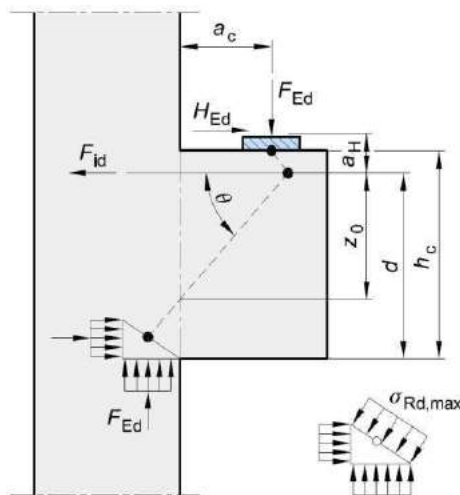
Nota Il valore di  $k_2$  da adottare in uno Stato può essere reperito nell'appendice nazionale. Il valore raccomandato è 0,5.

- (4) Si raccomanda che l'armatura principale di trazione sia ancorata ad entrambe le estremità. Si raccomanda che sia ancorata sulla faccia opposta dell'elemento portante e che la lunghezza di ancoraggio sia misurata a partire dalla posizione dell'armatura verticale presente in corrispondenza della faccia vicina. Si raccomanda che l'armatura sia ancorata nella mensola e che la lunghezza di ancoraggio sia misurata a partire dalla faccia interna della piastra di carico.
- (5) Se vi sono requisiti particolari per la limitazione delle fessure, sono efficaci staffe inclinate in corrispondenza dell'angolo rientrante.



### 13.3. Verifiche strutturali ritegno sismico

Nel seguito si riportano le verifiche effettuate sulla base del modello tirante – puntone.



- Controlli -	- Conseguenze -	
(1) $1 < \text{tg}\theta \leq 2.5$	condizione necessaria per poter applicare questo modello	
(2) $a_c \leq 0.5 h_c$		staffe orizzontali in misura: $A_{so} \geq k_1 A_{fp}$ ( $A_{so}$ = area staffe orizzontali, $A_{fp}$ = area ferri principali, $k_1 = 0.25$ )
(3) $a_c > 0.5 h_c$		staffe verticali in misura: $A_{sv} \geq k_2 F_{ed}/f_{yd}$ ( $A_{sv}$ = area staffe verticali, $k_2 = 0.5$ )
$\sigma_{cls} < f_{cd}$	verifica puntone	
$\sigma_{acc} < f_{yd}$	verifica tirante	
$\sigma_{cls\text{-piattina}} < f_{cd}$	verifica cls sotto la piattina di carico	

#### Geometria (misure in cm):

- $H_s = 40$  (larghezza pilastro superiore)
- $H_i = 40$  (larghezza pilastro inferiore)
- $F = 30$  (sbalzo mensola)
- $a_c = 19.7$  (distanza forza applicata dal filo interno del pilastro superiore)
- $S1 = 30$  (altezza mensola principale)
- $S2 = 6.5$  (altezza rastremazione mensola)
- $B = 80$  (profondità della mensola e dei pilastri)

#### Dati fissi e calcolati:

$A_{fp} = 9 \text{ cm}^2$  (area acciaio ferro principale)  
 $A_c = 2920 \text{ cm}^2$  (area cls per verifica al taglio)

#### Armatura:

Barre principali (in corrispondenza del tirante)  $8 \phi 12$  (passo 10 cm)  
Staffe verticali (secondo la direzione del taglio agente)  $3 \phi 12$  (passo 8 cm)

## Verifiche:

Lunghezza mensola:

$$a_c > 0.5 * h_c \quad (19.7 > 18.25)$$

- non occorre verificare la presenza di staffe chiuse orizzontali.

- occorre verificare la presenza di staffe chiuse verticali:

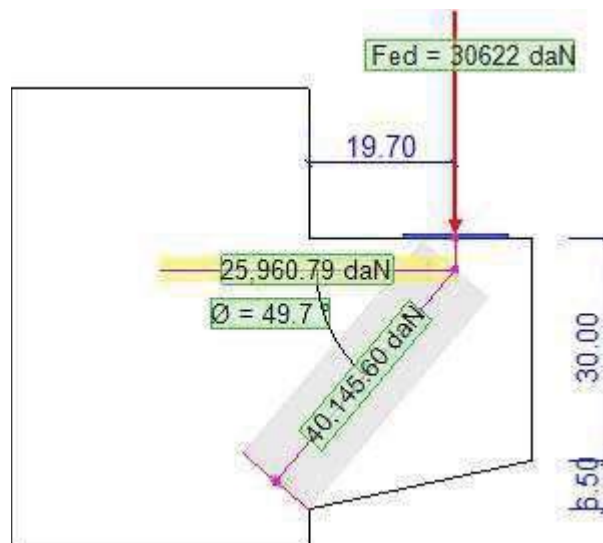
$$A_{sv} \geq k_2 * F_{ed} / f_{yd} \quad \text{SOLO quando } F_{ed} > V_{rd}$$

Simboli:

$F_{ed}$  = forza verticale [daN];  $H_{ed}$  = forza orizzontale [daN];  $F_p$  = puntone [daN];  $F_t$  = tirante [daN]

Caso 1

### Verificato



-  $F_{ed} = 30622$  daN

-  $H_{ed} = 0$  daN

-  $F_p = 40145.6$  daN (puntone)

-  $F_t = 25960.8$  daN (tirante)

-  $V_{rd} = 11988.6$  daN

-  $1 < \tan \varnothing \leq 2.5$  ( $1 < 1.2 \leq 2.5$ ) **Verificato**

-  $\sigma_{cls} < f_{cd}'$  ( $43.3 < 164.6$ ) **Verificato**

-  $\sigma_{cls-pattina} < f_{cd}'$  ( $27.3 < 164.6$ ) **Verificato**

-  $\sigma_{acc} < f_{yd}$  ( $2869.3 < 3913$ ) **Verificato**

- staffe verticali =  $A_{sv} \geq k_2 F_{ed} / f$  ( $6.8 \geq 3.9$ ) **Verificato**

Tutte le verifiche del ritegno sismico risultano soddisfatte.

## 15 APPARECCHI D'APPOGGIO

Lo schema di vincolo del cavalcavia prevede l'utilizzo su tutte le sottostrutture di apparecchi d'appoggio strutturali in elastomero armato del tipo ELASTOFIP o equivalente.

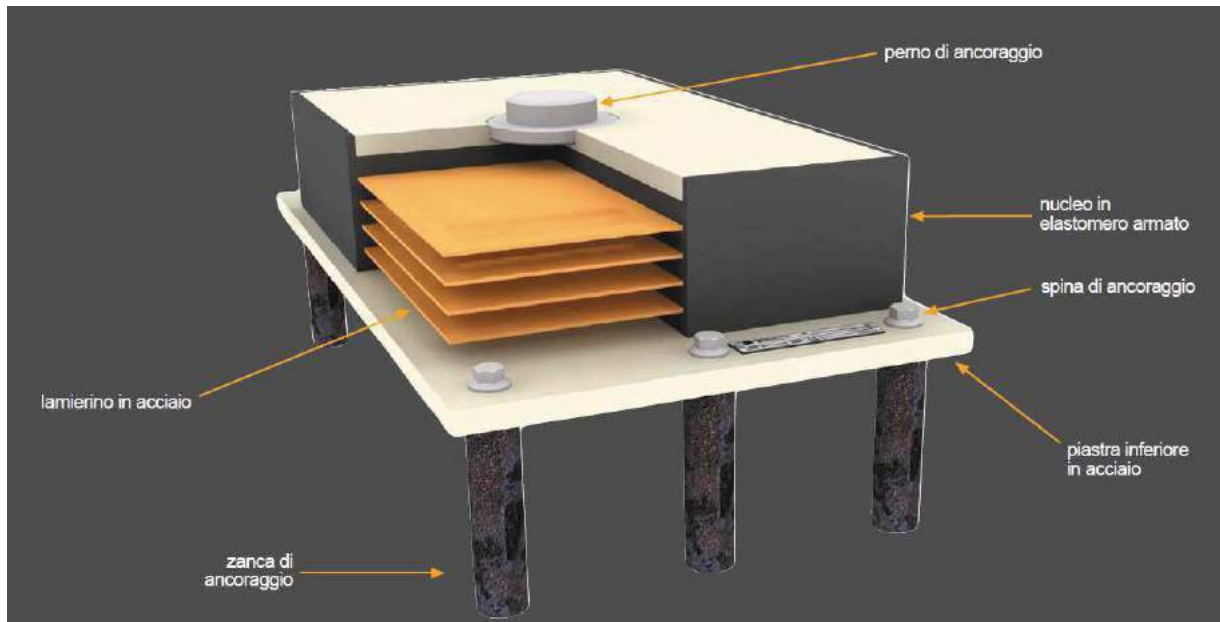


Figura 32: Appoggio in elastomero armato

Nel dimensionamento degli appoggi si sono prese in conto le seguenti azioni:

$F_{zd}$  = Forza assiale (carico verticale) massima = 3250 kN

$F_{xy}$  = Forza orizzontale massima = 190 kN

$k_0$  = rigidezza orizzontale = 4.33 kN/mm.

Di seguito si riportano le azioni elementari e combinate agenti sul dispositivo di appoggio, così come derivanti dall'analisi con modello numerico.

AZIONI SULL'APPOGGIO - TRAVE ESTERNA Max P - SPALLA SP1 - CAVALCAVIA MACOMER			
CAVALCAVIA MACOMER			
NUM.LINK	10001	TIPO PILA	SPALLA
POSIZIONE	J	ISO	SP1-DX
CARICHI MOBILI	Min	P	
CARICO ACCIDENTALE ECCENTRICO			
		TI [KN]	TI [KN]
		TI [KN]	N [KN]
		SLS (MAX) -->	128 47 -1971
		SLS (MIN) -->	32 0 -887
		SLU (MAX) -->	171 103 -2703
		SLU (MIN) -->	14 0 -621

AZIONI TOTALI SULL'APPOGGIO	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	Descrizione	P <sub>max</sub> [KN]	T <sub>L</sub> [KN]	T <sub>I</sub> [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]
G1-ACCIAIO	-133	0	5	0	1	1
G1-SOLETTA	-492	0	18	0	4	4
G2-PERMANENTI	-265	0	4	0	1	1
E1-DISTORSIONI	0	0	0	0	0	0
E2-RITIRO	0	0	4	0	1	1
E3-TERMICA-U	0	0	28	0	7	7
E4-CEDIMENTI	0	0	0	0	0	0
Q1-MOBILI-KK	-1066	0	6	0	1	1
Q1-MOBILI-FQ	-643	0	3	0	1	1
Q3-FRENATURA	3	0	77	0	18	18
Q4-CENTRIFUGA	0	0	0	0	0	0
Q5-VENTO-S	2	22	0	5	0	5
Q5-VENTO-C	-26	47	0	11	0	11
Q7-ATTRITO-P	0	0	0	0	0	0
Q7-ATTRITO-Q	0	0	0	0	0	0
SLC-L	16	0	132	0	31	31
SLC-T	136	131	0	30	0	30
SLC-V	18	0	1	0	0	0
Q6-SISMA_L	13	0	104	0	24	24
Q6-SISMA_T	107	103	0	24	0	24
Q6-SISMA_V	18	0	1	0	0	0

K <sub>c</sub> appoggio		SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
4330 KN/m		P <sub>max</sub> [KN]	T <sub>L</sub> [KN]	T <sub>I</sub> [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]	Δ [mm]
<b>SOLLECITAZIONI COMBINATE</b>							
Combinazione							
SLE_R_P	COMBINAZIONI RARE	-889	0	52	0	7	7
SLE_T		-889	0	49	0	11	11
SLE_R_VS		-887	22	49	5	11	12
SLE_R_VC		-1558	47	52	11	12	16
SLE_R_1		-1971	28	55	7	13	14
SLE_R_2a		-1545	28	128	7	30	30
SLE_R_2b		-1546	28	52	7	12	14
SLE_F_P		-889	0	52	0	7	7
SLE_F_VS		-889	4	46	1	11	11
SLE_F_VC		-894	9	46	2	11	11
SLE_F_1	-1532	0	49	0	11	11	
SLU_P_1	COMBINAZIONI SLU STR (A1) N <sub>max</sub> -M <sub>max</sub> Coeff. favorevoli	-1240	0	43	0	10	10
SLU_T_1		-1240	0	77	0	18	18
SLU_VS_1		-1237	33	63	8	15	16
SLU_VC_1		-2148	70	67	16	16	22
SLU_1_1		-2703	42	72	10	17	19
SLU_2a_1		-2127	42	171	10	39	41
SLU_2b_1	-2132	42	67	10	16	18	
SLU_P_2	COMBINAZIONI SLU STR (A1) N <sub>min</sub> -M <sub>max</sub> Coeff. sfavorevoli	-624	0	28	0	7	7
SLU_T_2		-624	0	62	0	14	14
SLU_VS_2		-621	33	49	8	11	14
SLU_VC_2		-663	70	49	16	11	20
SLU_1_2		-648	42	49	10	11	15
SLU_2a_2		-1511	42	156	10	36	37
SLU_2b_2	-1516	42	53	10	12	16	
SLV_SX1	COMBINAZIONI SLU SISMA SLV	-839	31	150	7	35	35
SLV_SX2		-939	31	58	7	13	15
SLV_SY1		-773	103	77	24	16	30
SLV_SY2		-1005	103	14	24	3	24
SLV_Z1		-835	31	77	7	18	19
SLV_Z2		-943	31	14	7	3	8
SLC_SX1	COMBINAZIONI SLU SISMA SLC	-827	39	178	9	41	42
SLC_SX2		-952	39	87	9	20	22
SLC_SY1		-743	131	86	30	20	36
SLC_SY2		-1035	131	5	30	1	30
SLC_SZ1		-825	39	86	9	20	22
SLC_SZ2		-953	39	5	9	1	9

SOLLECITAZIONI MASSIME APPOGGIO SPALLA SP1-DX Keq=4330 KN					SILC= 6.7 mm					
Variabilità spaziale del nodo		spostamento relativo			SILC= 6.7 mm					
Combinazione N <sub>max</sub>	Combinazione N <sub>min</sub>	Combinazione T <sub>max</sub>	Combinazione T <sub>min</sub>	COMB	P=N (KN)	V3=TL (KN)	V2=TI (KN)	Δt (mm)	Δl (mm)	Δ (mm)
SLE_R_1	SLE_R_VS	SLE_R_VC	SLE_R_1	SLE_R_1	-1971	28	55	6.5	12.7	14.3
SLE_R_2a	SLE_R_2b	SLE_F_P	SLE_R_2a	SLE_R_2a	-1545	28	128	5.1	11.2	12.3
SLE_F_1	SLE_F_2	SLE_F_3	SLE_R_VC	SLE_R_VC	-1558	47	52	6.5	29.6	30.3
SLU_1_1	SLU_1_2	SLU_1_3	SLU_VC_1	SLU_VC_1	-2148	70	67	10.8	11.9	16.1
SLU_2a_1	SLU_2a_2	SLU_2a_3	SLU_1_1	SLU_1_1	-2703	42	72	9.8	16.5	19.2
SLU_2b_1	SLU_2b_2	SLU_2b_3	SLU_VS_2	SLU_VS_2	-621	33	49	7.6	11.2	13.6
SLV_SX1	SLV_SX2	SLV_SX3	SLU_2a_1	SLU_2a_1	-2127	42	171	9.8	39.4	40.6
SLV_SY1	SLV_SY2	SLV_SY3	SLU_VC_1	SLU_VC_1	-2148	70	67	16.2	15.5	22.5
SLV_Z1	SLV_Z2	SLV_Z3	SLV_SY2	SLV_SY2	-1005	103	14	23.7	8.5	25.2
SLC_SX1	SLC_SX2	SLC_SX3	SLV_SY1	SLV_SY1	-773	103	77	23.7	23.1	33.1
SLC_SY1	SLC_SY2	SLC_SY3	SLV_SX1	SLV_SX1	-839	31	150	7.1	39.8	40.4
SLC_SZ1	SLC_SZ2	SLC_SZ3	SLV_SY1	SLV_SY1	-773	103	77	29.0	17.8	34.0
			SLC_SY2	SLC_SY2	-1035	131	5	30.2	7.9	31.3
			SLC_SY1	SLC_SY1	-743	131	86	30.3	26.5	40.2
			SLC_SX1	SLC_SX1	-827	39	178	9.1	47.8	48.6
			SLC_SY1	SLC_SY1	-743	131	86	36.9	19.8	41.9

AZIONI SULL'APPOGGIO - TRAVE CENTRALE - SPALLA SP1 - CAVALCAVIA MACOMER			
CAVALCAVIA MACOMER	10002	TIPO PILA	SPALLA
NUM.LINK	J	ISO	SP1-CEN
POSIZIONE	Min	P	
CARICHI MOBILI			
CARICO ACCIDENTALE ECCENTRICO			

	TI [KN]	Tt [KN]	N [KN]
SLS (MAX) -->	128	47	-1660
SLS (MIN) -->	31	0	-867
SLU (MAX) -->	170	103	-2278
SLU (MIN) -->	14	0	-620

Descrizione	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	P <sub>max</sub> [KN]	Tt [KN]	TI [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]	Δ [mm]
G1-ACCIAIO	-139	0	5	0	1	1
G1-SOLETTA	-481	0	18	0	4	4
G2-PERMANENTI	-247	0	4	0	1	1
E1-DISTORSIONI	0	0	0	0	0	0
E2-RITIRO	0	0	4	0	1	1
E3-TERMICA-U	0	0	28	0	7	7
E4-CEDIMENTI	0	0	0	0	0	0
Q1-MOBILI-KK	-793	0	5	0	1	1
Q1-MOBILI-FQ	-506	0	3	0	1	1
Q3-FRENATURA	3	0	77	0	18	18
Q4-CENTRIFUGA	0	0	0	0	0	0
Q5-VENTO-S	0	22	0	5	0	5
Q5-VENTO-C	0	47	0	11	0	11
Q7-ATTRITO-P	0	0	0	0	0	0
Q7-ATTRITO-Q	0	0	0	0	0	0
SLC-L	15	0	132	0	31	31
SLC-T	0	131	0	30	0	30
SLC-V	18	0	1	0	0	0
Q6-SISMA_L	12	0	104	0	24	24
Q6-SISMA_T	0	103	0	24	0	24
Q6-SISMA_V	18	0	1	0	0	0

K<sub>c</sub> appoggio 4330 KN/m

Combinazione	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	P <sub>max</sub> [KN]	Tt [KN]	TI [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]	Δ [mm]
SLF_R_P	-867	0	51	0	7	7
SLF_T	-867	0	48	0	11	11
SLF_R_VS	-867	22	48	5	11	12
SLF_R_VC	-1373	47	51	11	12	16
SLF_R_1	-1660	28	53	6	12	14
SLF_R_2a	-1370	28	128	6	30	30
SLF_R_2b	-1373	28	51	6	12	13
SLF_F_P	-867	0	51	0	7	7
SLF_F_VS	-867	4	46	1	11	11
SLF_F_VC	-867	9	46	2	11	11
SLF_F_1	-1373	0	48	0	11	11
SLU_P_1	-1207	0	43	0	10	10
SLU_T_1	-1207	0	76	0	18	18
SLU_VS_1	-1207	33	63	8	15	16
SLU_VC_1	-1891	70	66	16	15	22
SLU_1_1	-2278	42	70	10	16	19
SLU_2a_1	-1886	42	170	10	39	40
SLU_2b_1	-1891	42	66	10	15	18
SLU_P_2	-620	0	28	0	6	6
SLU_T_2	-620	0	62	0	14	14
SLU_VS_2	-620	33	48	8	11	14
SLU_VC_2	-620	70	48	16	11	20
SLU_1_2	-620	42	48	10	11	15
SLU_2a_2	-1299	42	156	10	36	37
SLU_2b_2	-1304	42	52	10	12	15
SLV_SX1	-850	31	149	7	35	35
SLV_SX2	-884	31	58	7	13	15
SLV_SY1	-850	103	77	24	16	30
SLV_SY2	-876	103	14	24	3	24
SLV_Z1	-845	31	77	7	15	19
SLV_Z2	-888	31	14	7	3	8
SLC_SX1	-846	39	178	9	41	42
SLC_SX2	-887	39	87	9	20	22
SLC_SY1	-857	131	85	30	20	36
SLC_SY2	-877	131	6	30	1	30
SLC_SZ1	-844	39	86	9	20	22
SLC_SZ2	-889	39	5	9	1	9

**SOLLECITAZIONI MASSIME APPOGGIO SPALLA SP1-CEN Keq=4330 KN**

Variabilità spaziale del nodo spostamento relativo SLV= 5.2 mm SLC= 6.7 mm

Combinazione N <sub>max</sub>	COMB	P=N (KN)	V3=Tt (KN)	V2=TI (KN)	Δt (mm)	Δl (mm)	Δ (mm)
					6.5	12.4	14.0
Combinazione N <sub>max</sub>	SLF_R_1	-1660	28	53	0.0	7.3	7.3
Combinazione N <sub>min</sub>	SLF_R_P	-867	0	51	6.5	29.5	30.2
Combinazione T <sub>max</sub>	SLF_R_2a	-1370	28	128	10.8	11.8	16.0
Combinazione T <sub>min</sub>	SLF_R_VC	-1373	47	51	9.7	16.1	18.8
Combinazione N <sub>max</sub>	SLU_1_1	-2278	42	70	0.0	6.5	6.5
Combinazione N <sub>min</sub>	SLU_P_2	-620	0	28	9.7	39.3	40.5
Combinazione T <sub>max</sub>	SLU_2a_1	-1886	42	170	16.2	15.3	22.3
Combinazione T <sub>min</sub>	SLU_VC_1	-1891	70	66	7.1	8.5	11.1
Combinazione N <sub>max</sub>	SLV_Z2	-888	31	14	7.1	23.1	24.2
Combinazione N <sub>min</sub>	SLV_Z1	-845	31	77	7.1	39.8	40.4
Combinazione T <sub>max</sub>	SLV_SX1	-850	31	149	29.0	17.8	34.0
Combinazione T <sub>min</sub>	SLV_SY1	-850	103	77	9.1	7.9	12.0
Combinazione N <sub>max</sub>	SLC_SZ2	-889	39	5	9.1	26.5	28.0
Combinazione N <sub>min</sub>	SLC_SX1	-844	39	86	9.1	47.7	48.6
Combinazione T <sub>max</sub>	SLC_SZ1	-844	39	86	37.0	19.7	41.9
Combinazione T <sub>min</sub>	SLC_SY1	-857	131	85			

AZIONI SULL'APPOGGIO - TRAVE ESTERNA Min P - SPALLA SP1 - CAVALCAVIA MACOMER			
CAVALCAVIA MACOMER			
NUM.LINK	10003	TIPO PILA	SPALLA
POSIZIONE	J	ISO	SP1-SX
CARICHI MOBILI	Min	P	
CARICO ACCIDENTALE ECCENTRICO			
		TI [KN]	TE [KN]
		TI [KN]	N [KN]
		SLS (MAX) -->	127 47 -1295
		SLS (MIN) -->	32 0 -884
		SLU (MAX) -->	169 103 -1786
		SLU (MIN) -->	14 0 -585

AZIONI TOTALI SULL'APPOGGIO	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	Descrizione	P <sub>max</sub> [KN]	TE [KN]	TI [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]
G1-ACCIAIO	-133	0	5	0	1	1
G1-SOLETTA	-492	0	18	0	4	4
G2-PERMANENTI	-265	0	4	0	1	1
E1-DISTORSIONI	0	0	0	0	0	0
E2-RITIRO	0	0	4	0	1	1
E3-TERMICA-U	0	0	28	0	7	7
E4-CEDIMENTI	0	0	0	0	0	0
Q1-MOBILI-KK	-422	0	3	0	1	1
Q1-MOBILI-FQ	-263	0	1	0	0	0
Q3-FRENATURA	3	0	77	0	18	18
Q4-CENTRIFUGA	0	0	0	0	0	0
Q5-VENTO-S	-2	22	0	5	0	5
Q5-VENTO-C	26	47	0	11	0	11
Q7-ATTRITO-P	0	0	0	0	0	0
Q7-ATTRITO-Q	0	0	0	0	0	0
SLC-L	16	0	122	0	31	31
SLC-T	136	131	0	30	0	30
SLC-V	18	0	1	0	0	0
Q6-SISMA_L	13	0	104	0	24	24
Q6-SISMA_T	107	103	0	24	0	24
Q6-SISMA_V	18	0	1	0	0	0

K<sub>c</sub> appoggio 4330 KN/m

SOLLECITAZIONI COMBINATE	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	Combinazione	P <sub>max</sub> [KN]	TE [KN]	TI [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]
SLE_R_P	-889	0	32	0	7	7
SLE_T	-889	0	49	0	11	11
SLE_R_VS	-891	22	49	5	11	12
SLE_R_VC	-1126	47	50	11	12	16
SLE_R_1	-1295	28	51	6	12	14
SLE_R_2a	-1133	28	127	6	29	30
SLE_R_2b	-1137	28	50	6	12	13
SLE_F_P	-889	0	32	0	7	7
SLE_F_VS	-890	4	46	1	11	11
SLE_F_VC	-884	9	46	2	11	11
SLE_F_1	-1152	0	47	0	11	11
SLU_P_1	-1240	0	43	0	10	10
SLU_T_1	-1240	0	77	0	18	18
SLU_VS_1	-1243	33	63	8	15	16
SLU_VC_1	-1556	70	65	16	15	22
SLU_1_1	-1786	42	67	10	15	18
SLU_2a_1	-1567	42	169	10	39	40
SLU_2b_1	-1572	42	65	10	15	18
SLU_P_2	-624	0	28	0	7	7
SLU_T_2	-624	0	62	0	14	14
SLU_VS_2	-627	33	49	8	11	14
SLU_VC_2	-585	70	49	16	11	20
SLU_1_2	-601	42	49	10	11	15
SLU_2a_2	-951	42	154	10	36	37
SLU_2b_2	-956	42	51	10	12	15
SLV_SX1	-839	31	150	7	35	35
SLV_SX2	-939	31	58	7	13	15
SLV_SY1	-773	103	77	24	16	30
SLV_SY2	-1005	103	14	24	3	24
SLV_Z1	-835	31	77	7	18	19
SLV_Z2	-943	31	14	7	3	8
SLC_SX1	-827	39	178	9	41	42
SLC_SX2	-952	39	87	9	20	22
SLC_SY1	-743	131	86	30	20	36
SLC_SY2	-1035	131	5	30	1	30
SLC_SZ1	-825	39	86	9	20	22
SLC_SZ2	-953	39	5	9	1	9

SOLLECITAZIONI MASSIME APPOGGIO SPALLA SP1-SX Req=4330 KN

Variabilità spaziale del nodo spostamento relativo SLV= 5.2 mm SLC= 6.7 mm

Combinazione N <sub>max</sub>	COMB	P= N (KN)	V3= TE (KN)	V2= TI (KN)	Δt (mm)	Δl (mm)	Δ (mm)
					6.5	11.9	13.5
Combinazione N <sub>max</sub>	SLE_R_1	-1295	28	51	6.5	11.9	13.5
Combinazione N <sub>min</sub>	SLE_F_VC	-884	9	46	2.2	10.6	10.8
Combinazione T <sub>max</sub>	SLE_R_2a	-1133	28	127	6.5	29.3	30.0
Combinazione T <sub>max</sub>	SLE_R_VC	-1126	47	50	10.8	11.6	15.8
Combinazione N <sub>max</sub>	SLU_1_1	-1786	42	67	9.7	15.5	18.3
Combinazione N <sub>min</sub>	SLU_VC_2	-585	70	49	16.2	11.3	19.7
Combinazione T <sub>max</sub>	SLU_2a_1	-1567	42	169	9.7	39.0	40.2
Combinazione T <sub>max</sub>	SLU_VC_1	-1556	70	65	16.2	15.1	22.1
Combinazione N <sub>max</sub>	SLV_SY2	-1005	103	14	23.7	8.5	25.2
Combinazione N <sub>min</sub>	SLV_SY1	-773	103	77	23.7	23.1	33.1
Combinazione T <sub>max</sub>	SLV_SX1	-839	31	150	7.1	39.8	40.4
Combinazione T <sub>max</sub>	SLV_SY1	-773	103	77	29.0	17.8	34.0
Combinazione N <sub>max</sub>	SLC_SY2	-1035	131	5	30.2	7.9	31.3
Combinazione N <sub>min</sub>	SLC_SY1	-743	131	86	30.3	26.5	40.2
Combinazione T <sub>max</sub>	SLC_SX1	-827	39	178	9.1	47.8	48.6
Combinazione T <sub>max</sub>	SLC_SY1	-743	131	86	36.9	19.8	41.9



AZIONI SULL'APPOGGIO - TRAVE ESTERNA Max P - SPALLA SP2 - CAVALCAVIA MACOMER			
CAVALCAVIA MACOMER			
NUM.LINK	10101	TIPO PILA	SPALLA
POSIZIONE	J	ISO	SP2-DX
CARICHI MOBILI	Min	P	
CARICO ACCIDENTALE ECCENTRICO			
		TI [KN]	TE [KN]
		TI [KN]	TE [KN]
		N [KN]	N [KN]
		SLS (MAX) -->	128 47 -1971
		SLS (MIN) -->	32 0 -887
		SLU (MAX) -->	171 103 -2703
		SLU (MIN) -->	14 0 -621

AZIONI TOTALI SULL'APPOGGIO	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	Descrizione	P <sub>max</sub> [KN]	TE [KN]	TI [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]
G1-ACCIAIO	-133	0	5	0	1	1
G1-SOLETTA	-492	0	18	0	4	4
G2-PERMANENTI	-265	0	4	0	1	1
E1-DISTORSIONI	0	0	0	0	0	0
E2-RITIRO	0	0	4	0	1	1
E3-TERMICA-U	0	0	28	0	7	7
E4-CEDIMENTI	0	0	0	0	0	0
Q1-MOBILI-KK	-1066	0	6	0	1	1
Q1-MOBILI-FQ	-643	0	3	0	1	1
Q3-FRENATURA	-3	0	77	0	18	18
Q4-CENTRIFUGA	0	0	0	0	0	0
Q5-VENTO-S	2	22	0	5	0	5
Q5-VENTO-C	-26	47	0	11	0	11
Q7-ATTRITO-P	0	0	0	0	0	0
Q7-ATTRITO-Q	0	0	0	0	0	0
SLC-L	16	0	132	0	31	31
SLC-T	136	131	0	30	0	30
SLC-V	18	0	1	0	0	0
Q6-SISMA_L	13	0	104	0	24	24
Q6-SISMA_T	107	103	0	24	0	24
Q6-SISMA_V	18	0	1	0	0	0

K<sub>c</sub> appoggio 4330 KN/m

SOLLECITAZIONI COMBinate	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	Combinazione	P <sub>max</sub> [KN]	TE [KN]	TI [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]
SLE_R_P	-889	0	52	0	7	7
SLE_T	-889	0	49	0	11	11
SLE_R_VS	-887	22	49	5	11	12
SLE_R_VC	-1558	47	52	11	12	16
SLE_R_1	-1971	28	55	7	13	14
SLE_R_2a	-1551	28	128	7	30	30
SLE_R_2b	-1546	28	52	7	12	14
SLE_F_P	-889	0	52	0	7	7
SLE_F_VS	-889	4	46	1	11	11
SLE_F_VC	-894	9	46	2	11	11
SLE_F_1	-1532	0	49	0	11	11
SLU_P_1	-1240	0	43	0	10	10
SLU_T_1	-1240	0	77	0	18	18
SLU_VS_1	-1237	33	63	8	15	16
SLU_VC_1	-2148	70	67	16	16	22
SLU_1_1	-2703	42	72	10	17	19
SLU_2a_1	-2136	42	171	10	39	41
SLU_2b_1	-2132	42	67	10	16	18
SLU_P_2	-624	0	28	0	7	7
SLU_T_2	-624	0	62	0	14	14
SLU_VS_2	-621	33	49	8	11	14
SLU_VC_2	-663	70	49	16	11	20
SLU_1_2	-648	42	49	10	11	15
SLU_2a_2	-1520	42	156	10	36	37
SLU_2b_2	-1516	42	53	10	12	16
SLV_SX1	-839	31	150	7	35	35
SLV_SX2	-939	31	58	7	13	15
SLV_SY1	-773	103	77	24	16	30
SLV_SY2	-1005	103	14	24	3	24
SLV_Z1	-835	31	77	7	18	19
SLV_Z2	-943	31	14	7	3	8
SLC_SX1	-827	39	178	9	41	42
SLC_SX2	-952	39	87	9	20	22
SLC_SY1	-743	131	86	30	20	36
SLC_SY2	-1035	131	6	30	1	30
SLC_SZ1	-825	39	86	9	20	22
SLC_SZ2	-953	39	5	9	1	9

**SOLLECITAZIONI MASSIME APPOGGIO SPALLA SP2-DX Keq=4330 KN**

Variabilità spaziale del nodo spostamento relativo SLV= 5.2 mm SLC= 6.7 mm

Combinazione N <sub>max</sub>	COMB	P+N (KN)	V3=TE (KN)	V2=TI (KN)	Δt (mm)	Δl (mm)	Δ (mm)
					6.5	12.7	14.3
Combinazione N <sub>max</sub> SLS	SLE_R_1	-1971	28	55	5.1	11.2	12.3
Combinazione N <sub>min</sub> SLS	SLE_R_VS	-887	22	49	6.5	29.6	30.3
Combinazione T <sub>max</sub> SLS	SLE_R_2a	-1551	28	128	10.8	11.9	16.1
Combinazione T <sub>max</sub> SLU-STR	SLE_R_VC	-1558	47	52	9.8	16.5	19.2
Combinazione N <sub>max</sub> SLU-STR	SLU_1_1	-2703	42	72	7.6	11.2	13.6
Combinazione N <sub>min</sub> SLU-STR	SLU_VS_2	-621	33	49	9.8	39.4	40.6
Combinazione T <sub>max</sub> SLU-STR	SLU_2a_1	-2136	42	171	16.2	15.5	22.5
Combinazione T <sub>max</sub> SLU-STR	SLU_VC_1	-2148	70	67	23.7	8.5	25.2
Combinazione N <sub>max</sub> SLU-SLV	SLV_SY2	-1005	103	14	23.7	23.1	33.1
Combinazione N <sub>min</sub> SLU-SLV	SLV_SY1	-773	103	77	7.1	39.8	40.4
Combinazione T <sub>max</sub> SLU-SLV	SLV_SX1	-839	31	150	29.0	17.8	34.0
Combinazione T <sub>max</sub> SLU-SLV	SLV_SY1	-773	103	77	30.3	7.9	31.3
Combinazione N <sub>max</sub> SLU-SLC	SLC_SY2	-1035	131	6	30.3	26.5	40.2
Combinazione N <sub>min</sub> SLU-SLC	SLC_SY1	-743	131	86	9.1	47.8	48.6
Combinazione T <sub>max</sub> SLU-SLC	SLC_SX1	-827	39	178	36.9	19.8	41.9
Combinazione T <sub>max</sub> SLU-SLC	SLC_SY1	-743	131	86			



AZIONI SULL'APPOGGIO - TRAVE CENTRALE - SPALLA SP2 - CAVALCAVIA MACOMER			
CAVALCAVIA MACOMER			
NUM.LINK	10102	TIPO PILA	SPALLA
POSIZIONE	J	ISO	SP2-CEN
CARICHI MOBILI	Min	P	
CARICO ACCIDENTALE ECCENTRICO			
		TI [KN]	Tt [KN]
		TI [KN]	N [KN]
		SLS (MAX) -->	128 47 -1660
		SLS (MIN) -->	31 0 -867
		SLU (MAX) -->	170 103 -2278
		SLU (MIN) -->	14 0 -620

AZIONI TOTALI SULL'APPOGGIO	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	Descrizione	P <sub>max</sub> [KN]	Tt [KN]	TI [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]
G1-ACCIAIO	-139	0	5	0	1	1
G1-SOLETTA	-481	0	18	0	4	4
G2-PERMANENTI	-247	0	4	0	1	1
E1-DISTORSIONI	0	0	0	0	0	0
E2-RITIRO	0	0	4	0	1	1
E3-TERMICA-U	0	0	28	0	7	7
E4-CEDIMENTI	0	0	0	0	0	0
Q1-MOBILI-KK	-793	0	5	0	1	1
Q1-MOBILI-FQ	-506	0	3	0	1	1
Q3-FRENATURA	-3	0	77	0	18	18
Q4-CENTRIFUGA	0	0	0	0	0	0
Q5-VENTO-S	0	22	0	5	0	5
Q5-VENTO-C	0	47	0	11	0	11
Q7-ATTRITO-P	0	0	0	0	0	0
Q7-ATTRITO-Q	0	0	0	0	0	0
SLC-L	15	0	132	0	31	31
SLC-T	0	131	0	30	0	30
SLC-V	18	0	1	0	0	0
Q6-SISMA_L	12	0	104	0	24	24
Q6-SISMA_T	0	103	0	24	0	24
Q6-SISMA_V	18	0	1	0	0	0

K<sub>c</sub> appoggio 4330 KN/m

SOLLECITAZIONI COMBINATE	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	Combinazione	P <sub>max</sub> [KN]	Tt [KN]	TI [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]
SLE_R_P	-867	0	51	0	7	7
SLE_T	-867	0	48	0	11	11
SLE_R_VS	-867	22	48	5	11	12
SLE_R_VC	-1373	47	51	11	12	16
SLE_R_1	-1660	28	53	6	12	14
SLE_R_2a	-1377	28	128	6	30	30
SLE_R_2b	-1373	28	51	6	12	13
SLE_F_P	-867	0	51	0	7	7
SLE_F_VS	-867	4	46	1	11	11
SLE_F_VC	-867	9	46	2	11	11
SLE_F_1	-1373	0	48	0	11	11
SLU_P_1	-1207	0	43	0	10	10
SLU_T_1	-1207	0	76	0	18	18
SLU_VS_1	-1207	33	63	8	15	16
SLU_VC_1	-1891	70	66	16	15	22
SLU_1_1	-2278	42	70	10	16	19
SLU_2a_1	-1895	42	170	10	39	40
SLU_2b_1	-1891	42	66	10	15	18
SLU_P_2	-620	0	28	0	6	6
SLU_T_2	-620	0	62	0	14	14
SLU_VS_2	-620	33	48	8	11	14
SLU_VC_2	-620	70	48	16	11	20
SLU_1_2	-620	42	48	10	11	15
SLU_2a_2	-1308	42	156	10	36	37
SLU_2b_2	-1304	42	52	10	12	15
SLV_SX1	-850	31	149	7	35	35
SLV_SX2	-884	31	58	7	13	15
SLV_SY1	-850	103	77	24	16	30
SLV_SY2	-876	103	14	24	3	24
SLV_Z1	-845	31	77	7	15	19
SLV_Z2	-888	31	14	7	3	8
SLC_SX1	-847	39	178	9	41	42
SLC_SX2	-887	39	87	9	20	22
SLC_SY1	-857	131	85	30	20	36
SLC_SY2	-877	131	6	30	1	30
SLC_SZ1	-844	39	86	9	20	22
SLC_SZ2	-889	39	5	9	1	9

**SOLLECITAZIONI MASSIME APPOGGIO SPALLA SP2-CEN Keq=4330 KN**

Variabilità spaziale del nodo spostamento relativo SLV= 5.2 mm SLC= 6.7 mm

Combinazione N <sub>max</sub>	COMB	P=N (KN)	V3=TI (KN)	V2=TI (KN)	Δt (mm)	Δl (mm)	Δ (mm)
					SLS	SLU-STR	SLU-SLV
SLE_R_1	-1660	28	53	6.5	12.4	14.0	
SLE_R_VS	-867	22	48	5.1	11.2	12.3	
SLE_R_2a	-1377	28	128	6.5	29.5	30.2	
SLE_R_VC	-1373	47	51	10.8	11.8	16.0	
SLU_1_1	-2278	42	70	9.7	16.1	18.8	
SLU_VC_2	-620	70	48	16.2	11.2	19.7	
SLU_2a_1	-1895	42	170	9.7	39.3	40.5	
SLU_VC_1	-1891	70	66	16.2	15.3	22.3	
SLV_Z2	-888	31	14	7.1	8.5	11.1	
SLV_Z1	-845	31	77	7.1	23.1	24.2	
SLV_SX1	-850	31	149	7.1	39.8	40.4	
SLV_SY1	-850	103	77	29.0	17.8	34.0	
SLC_SZ2	-889	39	5	9.1	7.9	12.0	
SLC_SX1	-844	39	86	9.1	26.5	28.0	
SLC_SX2	-847	39	178	9.1	47.7	48.6	
SLC_SY1	-857	131	85	37.0	19.7	41.9	

AZIONI SULL'APPOGGIO - TRAVE ESTERNA Min P - SPALLA SP2 - CAVALCAVIA MACOMER			
CAVALCAVIA MACOMER			
NUM.LINK	10103	TIPO PILA	SPALLA
POSIZIONE	J	ISO	SP2-SX
CARICHI MOBILI	Min	P	
CARICO ACCIDENTALE ECCENTRICO			
		TI [KN]	TL [KN]
		N [KN]	
SLS (MAX) -->	127	47	-1295
SLS (MIN) -->	32	0	-884
SLU (MAX) -->	169	103	-1786
SLU (MIN) -->	14	0	-585

Descrizione	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	P <sub>max</sub> [KN]	T <sub>L</sub> [KN]	T <sub>I</sub> [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]	Δ [mm]
G1-ACCIAIO	-133	0	5	0	1	1
G1-SOLETTA	-492	0	18	0	4	4
G2-PERMANENTI	-265	0	4	0	1	1
E1-DISTORSIONI	0	0	0	0	0	0
E2-RITIRO	0	0	4	0	1	1
E3-TERMICA-U	0	0	28	0	7	7
E4-CEDIMENTI	0	0	0	0	0	0
Q1-MOBILI-KK	-422	0	3	0	1	1
Q1-MOBILI-FQ	-263	0	1	0	0	0
Q3-FRENATURA	-3	0	77	0	18	18
Q4-CENTRIFUGA	0	0	0	0	0	0
Q5-VENTO-S	-2	22	0	5	0	5
Q5-VENTO-C	26	47	0	11	0	11
Q7-ATTRITO-P	0	0	0	0	0	0
Q7-ATTRITO-Q	0	0	0	0	0	0
SLC-L	16	0	132	0	31	31
SLC-T	136	131	0	30	0	30
SLC-V	18	0	1	0	0	0
Q6-SISMA_L	13	0	104	0	24	24
Q6-SISMA_T	107	103	0	24	0	24
Q6-SISMA_V	18	0	1	0	0	0

K<sub>c</sub> appoggio 4330 KN/m

Combinazione	SOLLECITAZIONI			SPOSTAMENTI		
	P <sub>max</sub> [KN]	T <sub>L</sub> [KN]	T <sub>I</sub> [KN]	Δt [mm]	Δl [mm]	Δ [mm]
SLE_R_P	-884	0	32	0	7	7
SLE_T	-889	0	49	0	11	11
SLE_R_VS	-891	22	49	5	11	12
SLE_R_VC	-1126	47	50	11	12	16
SLE_R_1	-1295	28	51	6	12	14
SLE_R_2a	-1140	28	127	6	29	30
SLE_R_2b	-1137	28	50	6	12	13
SLE_F_P	-889	0	32	0	7	7
SLE_F_VS	-890	4	46	1	11	11
SLE_F_VC	-884	9	46	2	11	11
SLE_F_1	-1152	0	47	0	11	11
SLU_P_1	-1240	0	43	0	10	10
SLU_T_1	-1240	0	77	0	18	18
SLU_VS_1	-1243	33	63	8	15	16
SLU_VC_1	-1556	70	65	16	15	22
SLU_1_1	-1786	42	67	10	15	18
SLU_2a_1	-1576	42	169	10	39	40
SLU_2b_1	-1572	42	65	10	15	18
SLU_P_2	-624	0	28	0	7	7
SLU_T_2	-624	0	62	0	14	14
SLU_VS_2	-627	33	49	8	11	14
SLU_VC_2	-585	70	49	16	11	20
SLU_1_2	-601	42	49	10	11	15
SLU_2a_2	-960	42	154	10	36	37
SLU_2b_2	-956	42	51	10	12	15
SLV_SX1	-839	31	150	7	35	35
SLV_SX2	-939	31	58	7	13	15
SLV_SY1	-773	103	77	24	16	30
SLV_SY2	-1005	103	14	24	3	24
SLV_Z1	-835	31	77	7	18	19
SLV_Z2	-943	31	14	7	3	8
SLC_SX1	-827	39	178	9	41	42
SLC_SX2	-952	39	87	9	20	22
SLC_SY1	-743	131	86	30	20	36
SLC_SY2	-1035	131	6	30	1	30
SLC_SZ1	-825	39	86	9	20	22
SLC_SZ2	-953	39	5	9	1	9

SOLLECITAZIONI MASSIME APPOGGIO SPALLA SP2-SX Keq=4330 KN

Variabilità spaziale del nodo spostamento relativo SLV= 5.2 mm SLC= 6.7 mm

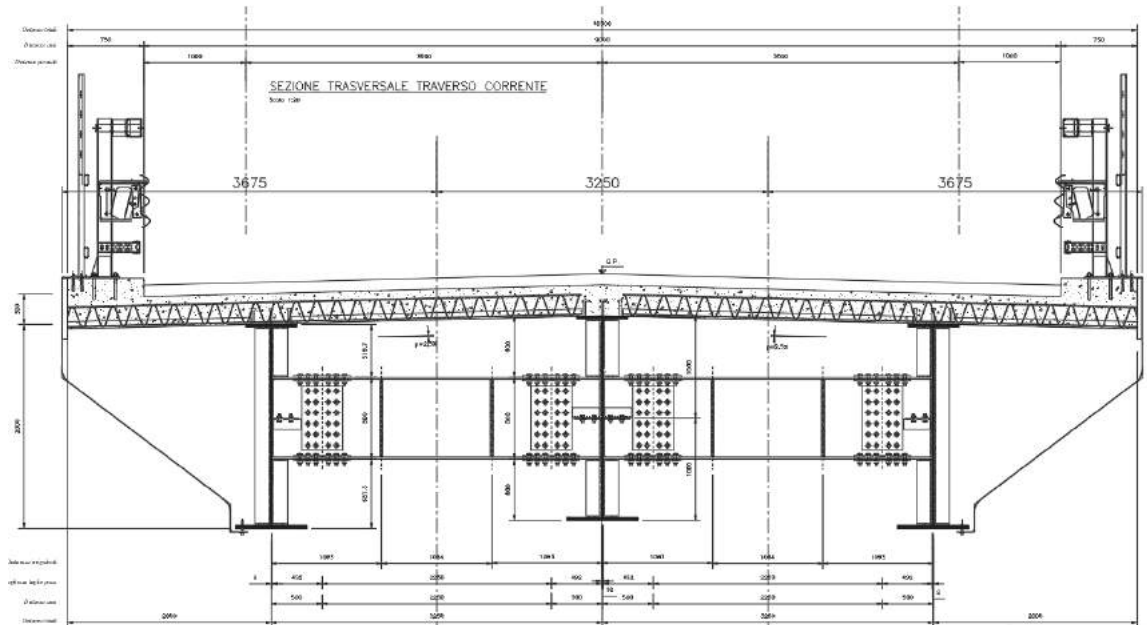
Combinazione N <sub>max</sub>	COMB	P= N (KN)	V3= TL (KN)	V2= TI (KN)	Δt (mm)	Δl (mm)	Δ (mm)
					6.5	11.9	13.5
Combinazione N <sub>max</sub>	SLE_R_1	-1295	28	51	6.5	11.9	13.5
Combinazione N <sub>min</sub>	SLE_F_VC	-884	9	46	2.2	10.6	10.8
Combinazione T <sub>max</sub>	SLE_R_2a	-1140	28	127	6.5	29.3	30.0
Combinazione T <sub>max</sub>	SLE_R_VC	-1126	47	50	10.8	11.6	15.8
Combinazione N <sub>max</sub>	SLU_1_1	-1786	42	67	9.7	15.5	18.3
Combinazione N <sub>min</sub>	SLU_VC_2	-585	70	49	16.2	11.3	19.7
Combinazione T <sub>max</sub>	SLU_2a_1	-1576	42	169	9.7	39.0	40.2
Combinazione T <sub>max</sub>	SLU_VC_1	-1556	70	65	16.2	15.1	22.1
Combinazione N <sub>max</sub>	SLV_SY2	-1005	103	14	23.7	8.5	25.2
Combinazione N <sub>min</sub>	SLV_SY1	-773	103	77	23.7	23.1	33.1
Combinazione T <sub>max</sub>	SLV_SX1	-839	31	150	7.1	39.8	40.4
Combinazione T <sub>max</sub>	SLV_SY1	-773	103	77	29.0	17.8	34.0
Combinazione N <sub>max</sub>	SLC_SY2	-1035	131	6	30.3	7.9	31.3
Combinazione N <sub>min</sub>	SLC_SY1	-743	131	86	30.3	26.5	40.2
Combinazione T <sub>max</sub>	SLC_SX1	-827	39	178	9.1	47.8	48.6
Combinazione T <sub>max</sub>	SLC_SY1	-743	131	86	36.9	19.8	41.9

## 16 VALUTAZIONE CRITICA DEI RISULTATI

Per l'intera struttura è stato definito un modello numerico rappresentativo con il programma di calcolo agli elementi finiti CSI Bridge v.21.2.0 della Computer and Structures Inc., distribuito da CSI Italia, licenza nr. #2010\*1MB68WA7FTWJVPU.

Come indicato al punto 10.2 del DM 14/01/2008, nel caso di analisi svolte con l'ausilio di codici di calcolo è necessario che il progettista sottoponga i risultati delle elaborazioni a controlli che ne comprovino l'attendibilità al fine di validare il modello di calcolo utilizzato. Tale valutazione consiste nel confronto con i risultati di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali.

In prima istanza si confronta le sollecitazioni derivanti dal peso della soletta sulle travi principali.



Il peso complessivo della soletta, pari a  $10.60 \times 0.30 \times 25 = 79.5$  kN/m viene suddiviso fra le tre travi principali.

Sulle travi principali grava, pertanto, un carico lineare di:

$$q = 10.5 \times 0.30 \times 25 = 78.75 \text{ kN/m}$$

Sullo schema di trave su 2 appoggi si ottengono le seguenti sollecitazioni:

$$M_{\max, \text{tot}} = q \cdot l^2 / 8 = 78.75 \cdot 37.2^2 / 8 = 13622 \text{ kNm}$$

I risultati provenienti dall'analisi ad elementi finiti sono:

- Per la trave centrale  $M_{\text{cent}} = 4530$  kNm
- Per le travi laterali  $M_{\text{later}} = 4525$  kNm

Si ottiene un momento totale di

$$M_{\max} = 4530 + 2 \cdot 4525 = 13580 \text{ kNm}$$

Tra i due calcoli si riscontra quindi la seguente differenza:

- Per la trave centrale  $\Delta M_{\max} = (13622 - 13580) / 13580 = +0.30 \%$

Successivamente si valutano le sollecitazioni derivanti dai carichi permanenti portati. Sulle travi principali gravano i seguenti carichi lineari:

$$q_{perm} = 9 * 3.00 + 0.18 * 0.75 * 25 * 2 + 4.00 * 2 = 41.25 \text{ kN/m}$$

Sullo schema di trave su 2 appoggi si ottengono le seguenti sollecitazioni:

$$M_{max,perm} = q * l^2 / 8 = 41.25 * 37.2^2 / 8 = 7135.4 \text{ kNm}$$

I risultati provenienti dall'analisi ad elementi finiti sono:

- Per la trave centrale  $M_{max} = 2409.4 \text{ kNm}$
- Per le travi laterali  $M_{max} = 2401.4 \text{ kNm}$

Si ottiene un totale di

$$M_{max,perm} = 7212.2 \text{ kNm}$$

Tra i due calcoli si riscontrano quindi le seguenti differenze:

- Per la trave centrale  $\Delta M_{max} = (7135.4 - 7212.2) / 7212.2 = -1.06 \%$

Come evidente, le differenze riscontrate fra i risultati del calcolo manuale e quelli del modello a elementi finiti sono, da un punto di vista ingegneristico, non significative.

Pertanto, i risultati del modello di calcolo a elementi finiti vengono giudicati attendibili e accettabili.